Cardeci

JOHN C. BRANNER

PRESIDENTE E LENTE DE GEOLOGIA

NA UNIVERSIDADE STANFORD EM CALIFORNIA

Geologia Elementar

PREPARADA

com referencia especial aos Estudantes Brazileiros

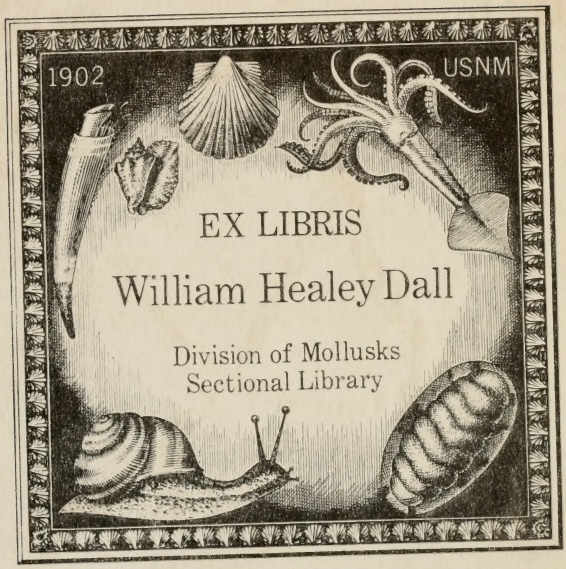
e á Geologia do Brazil

SEGUNDA EDIÇÃO

FRANCISCO ALVES & Cia
RIO DE JANEIRO
166, RUA DO OUVIDOR, 166
S. PAULO
65, RUA DE S. BENTO, 65
BELLO HORIZONTE
1055, RUA DA BAHIA, 1055

AILLAUD, ALVES & Cia
PARIS
96, BOULEVARD MONTPARNASSE, 96
(LIVRARIA AILLAUD)
LISBOA
73, RUA GARRETT, 75
(LIVRARIA BERTRAND)

1915


1902
USNM
EX LIBRIS
William Healey Dall
Division of Mollusks
Sectional Library

Division of Mollusks Library E. BRANNER

Division of Mollusks
Sectional Library

GEOLOGIA ELEMENTAR

QE
235
B82
1915
Moll.

Geologia Elementar

PREPARADA

com referencia especial aos Estudantes Brasileiros
e á Geologia do Brazil

POR

JOHN C. BRANNER

PRESIDENTE E LENTE DE GEOLOGIA
NA
UNIVERSIDADE STANFORD EM CALIFORNIA

SMITHSONIAN
JUL 22 1988
LIBRARY

SEGUNDA EDIÇÃO

FRANCISCO ALVES & Cia
RIO DE JANEIRO
166, RUA DO OUVIDOR, 166
S. PAULO
65, RUA DE S. BENTO, 65
BELLO HORIZONTE
1055, RUA DA BAHIA, 1055

AILLAUD, ALVES & Cia
PARIS
96, BOULEVARD MONTPARNASSE, 96
(LIVRARIA AILLAUD)
LISBOA
73, RUA GARRETT, 75
(LIVRARIA BERTRAND)

1915

E

PREFACIO

Sem falar das publicações feitas em Portugal, os principaes livros sobre geologia até hoje escriptos, na lingua vernacula, são: a « Geologia Elementar », de N. Boubée, traduzida da lingua franceza e publicada no Rio de Janeiro em 1846, e o « Resumo da Geologia » por A. de Lapparent, tambem vertido da lingua franceza pelo Dr. B. F. Ramiz Galvão, e publicada, no Rio de Janeiro, em 1898. Ambas são excellentes para os fins que tinham em vista, isto é, para os estudantes europeus e, si os estudantes brasileiros quizessem ser servidos por traducções, esses trabalhos seriam provavelmente tão bons em especie como poderiam ser.

Mas si a geologia deve ser estudada com vantagem, o seu estudo terá de ser feito no campo e sobre o terreno e o seu assumpto deverá tornar-se real e tangivel ao estudante.

Só se póde conseguir isso, satisfatoriamente, interessando o estudante brasileiro na geologia ao seu alcance, isto é, na geologia do Brasil.

O presente trabalho elementar foi, por isso, expressamente preparado para o uso dos estudantes brasileiros. Os exemplos citados são, tanto quanto possivel, brasileiros, e as illustrações, da mesma fórma, sempre que fôrem valiosas.

Isto posto, espera-se que a geologia não continue a parecer ao estudante brasileiro um assumpto que só pertença, só diga respeito a outros povos, a outros paizes, a outros continentes.

Com relação aos fosseis mencionados, o autor pede venia para fazer uma suggestão áquelles que queiram usar

este trabalho no ensino : a menos que os proprios discipulos possuam fosseis, não se deve exigir delles que guardem, de memoria, os nomes de outros.

As lições sobre os fosseis são da mais alta importancia e, quando os discipulos encontram os fosseis nas rochas, este facto lhes causa uma grande impressão, porém os seus nomes não têem importancia especial, até que se faça um estudo systematico a respeito.

Quando os estudantes se interessarem pela collecção e identificação dos fosseis, encontrarão algumas figuras nos bons compendios, porém as monographias de Derby, Rathbun, White e Clarke, das quaes as figuras que estampamos foram copiadas, serão muito mais uteis.

Os estudantes não devem imaginar que a geologia do Brasil seja menos interessante ou menos importante do que a geologia de qualquer outro paiz. Aqui ha por toda a parte, excellentes exemplares das operações das leis da geologia, e como se vê na columna geologica, aqui ha representantes de quasi todas as formações das outras partes do mundo.

No preparo deste livro colheram-se informações de todas as fontes accessiveis. Muitos dos artigos originaes que fornecem as informações utilizadas nesta obra, geralmente, mas nem sempre, vêm citados nas notas infrapaginais. Quem quizer informar-se da literatura geologica do Brasil, porém, deve consultar nossa bibliographia da geologia, mineralogia e paleontologia do Brasil, publicada no *Bulletin of the Geological Society of America*, volume XX, pp. 1-132, Feb. 1909. Os artigos publicados posteriormente foram registrados pelo Dr. Arrojado Lisboa nos Annaes da Escola de Minas.

Devo especiaes reconhecimentos ao Professor Orville A. Derby, chefe do Serviço Geologico do Brasil, a quem o paiz e o mundo geologico tanto devem.

A primeira edição desta obra foi escripta na lingua ingleza e traduzida para a portugueza pelo Dr. Antonio de Barros Barreto, collaborando com o Dr. Derby. As addições á segunda edição foram escriptas em portuguez, e revistas pelo Dr. Barreto e pelo Dr. Miguel Arrojado Lisboa. A estes dois amigos devo meus sinceros agradecimentos pelo auxilio que me deram tanto na lingua como na geologia propria.

J. C. Branner.

INDICE DAS MATERIAS

Introducção 17

PARTE PRIMEIRA

Geologia dynamica.

Paginas

Agentes geologicos 20
Acção directa da atmosphera 20
O transporte pelo vento 20
As areias sopradas pelos ventos. 21
Distribuição de plantas e animaes 24
Distribuição de cinzas volcanicas pelo vento. 25
O desgastamento pelo vento 26
Deposito dos materiaes carregados pelos ventos. 26
Acção indirecta da atmosphera 28
Mudanças de temperatura. 29
A formação do solo 35
Solos alluviaes. 35
Solos residuarios. 35
Solo glacial 36
Evaporação 36
Vagas sobre grandes massas de agua. 40
O effeito do vento em relação ao nivel das aguas 40
Effeito do vento sobre as correntes oceanicas 41
A atmosphera como carregador d'agua 42
Agentes geologicos mechanicos aquosos. 44
A chuva na sua acção directa. 45
Acção mechanica dos cursos de agua 48
Erosão. 48
Acanaladuras. 51
Transporte por cursos d'agua. 53
A quantidade do material transportado por um curso d'agua 55

Paginas

Origem das caxoeiras 57
Erosão em relação á agricultura 59
Deposição 59
Casos especiaes de deposição pelos cursos d'agua 60
Deposição sobre varzeas 60
Origem de aterrados naturaes 60
A formação das barras 61
Cursos d'agua sobrecarregados 63
Os agentes aquosos mechanicos nos lagos 63
Deltas 64
Agentes aquosos mechanicos nos mares e oceanos 65
Correntezas do oceano 66
Effeitos das correntes 67
As marés 67
Acção das marés 68
Acção mechanica dos mares e oceanos 68
Acção destructiva 68
Acção destructiva de vagas communs 68
Acção no nivel da maré 69
Resultados da acção destructiva 70
O trabalho das ondas das marés 71
Vagas extraordinarias 72
O poder destructivo das vagas 72
Formas das costas produzidas pelas vagas 76
Trabalho mechanico constructivo dos mares ou transporte e deposição marinha 78
As correntes das marés 78
Agentes marinhos constructivos 78
O trabalho constructivo das vagas 78
A resaca 80
As correntes oceanicas 80
Formas e origens dos sedimentos mechanicos 81
Praias 81
Praias de tempestades 81
Pontaes 82
Barras 83
Restingas 83
Bancos submarinhos 84
Deltas 84
Effeito d'agua salgada sobre os sedimentos 86
Crescimento de deltas 87
A posição dos sedimentos marinhos 87
Conclusões referentes aos sedimentos mechanicos 88
O gelo como agente geologico 89
Congelação 90

Paginas

Geleiros 90
Movimento dos geleiros 91
A velocidade 91
Determinação da velocidade 91
Theorias do movimento do gelo 92
Morenas 93
Blocos erraticos 93
Sulcos glaciaes 94
Trabalho geologico dos geleiros 95
Glaciação antiga 95
America do Sul 99
Voltará a epoca glacial? 101
Causas de epocas glaciaes 101
Icebergs 102
Agentes chimicos 103
Bioxido de carbono 104
Chuvas cahidas em diversos lugares no Brasil 104
Acido nitrico 105
Acido nitrico calculado para a chuva cahida no Brasil 105
Acidos organicos 106
Augmento de pressão 106
Augmento de temperatura 106
Diminuição de temperatura 107
Material dissolvido nos cursos de agua 107
Os effeitos da erosão chimica 108
Resultados mechanicos de solução 111
A origem das grutas ou cavernas 112
Solução subterranea das rochas 112
Cavernas em lava com crosta esfriada 115
Pela acção mechanica das ondas 115
Pela acção chimica da atmosphera 115
Sumidouros 116
Drenagem subterranea 116
Arcos naturaes 116
Deposição chimica 116
Quando escapa o solvente 116
Origem de travertino 117
Quando abaixa a temperatura 118
Quando a temperatura eleva-se 118
Quando a pressão diminue 119
Quando se effectuam reacções chimicas 119
Quando as soluções ficam por muito tempo em repouso 120
Concentração de soluções por evaporação 120
A acção chimica nos lagos salgados 121
Desmembramento de um braço do mar 121

Paginas

Concentração de agua doce 123
A origem de depositos de sal 123
Lagos alcalinos. 125
Lagos de borax. 125
Lagos amargos. 125
A profundidade a que penetra a agua 126
Aguas quentes 126
Resumo das operações dos agentes chimicos 128
Agentes igneos ou altas temperaturas. 128
O interior da terra 128
Theorias relativas ao interior da terra 129
Marcha do augmento da temperatura 131
Resultados 132
Temperaturas das aguas das minas de Agua Quente 133
Fusão devida ao allivio de pressão. 134
Os vulcões e o seu trabalho geologico 135
Vulcões activos. 135
Erupções 135
Lavas 137
Os ejectamentos fragmentarios. 138
Inclusões 138
Gazes e vapor 139
Picos vulcanicos 139
Rochas vulcanicas 140
Vulcões submarinhos. 141
Vulcões extinctos 143
Diques 145
Laccolitos. 147
A idade de um vulcão 147
Geysers. 147
Fontes quentes 149
Poços de Caldas 149
Brejo das Freiras 149
erremotos 150
Escala Rossi-Forel. 153
Mudanças de nivel 155
Tremores de terra no Brazil 156
Provas de elevação 157
Os organismos marinhos mortos sobre a terra 157
O trabalho dos organismos marinhos na terra. 159
O trabalho das ondas além do seu alcance actual 160
Os registros humanos 161
As superficies crodidas de sedimentos marinhos 161
Evidencias de depressão 162
As plantas terrestres cobertas por depositos marinhos. 162

Paginas

Os coraes abaixo do nivel em que elles podem viver 164
Os valles submergidos 164
A destribuição das plantas e dos animaes 166
Registros humanos 167
A espessura das rochas sedimentarias 167
As falhas com grandes deslocamentos verticaes 168
A larga distribuição de conglomerados graúdos 168
Distribuição de mudanças do nivel 168
A marcha das mudanças do nivel 169
As causas de elevação e depressão 169
Agentes organicos, ou trabalhos dos organismos na geologia 171
Os agentes organicos destructivos 171
Plantas 171
Animaes 173
Agentes organicos protectivos ou preservativos 176
Protecção das praias por animaes 176
Protecção pelas plantas 177
Agentes organicos constructivos 179
As plantas como agentes constructivos 179
Turfa 180
Extensão 181
Lignito 181
Carvão bituminoso 182
Carvão anthracite 183
Varias theorias da origem do carvão de pedra 183
Depositos sulfurosos feitos pelas plantas 185
Depositos ferruginosos feitos pelas plantas 185
Depositos nitrogenosos 186
Depositos silicosos feitos pelas plantas 186
Depositos calcareos provenientes de plantas 187
Os animaes como agentes constructivos 187
Depositos calcareos feitos pelos animaes 187
Recifes de coral 188
Polypos coraliferos 188
Fórmas de coral 189
Condições do crescimento do coral 191
Formas de recifes de coral 193
Dimensões dos recifes de coral 195
Theorias da formação de recifes de coral 196
Theoria de subsidencia 196
Theoria de picos submarinhos 197
A marcha do crescimento 198
Conclusões a respeito dos recifes de coral do Brasil 198
Serpulas 200
Animaes marinhos microscopicos 200

Paginas

Outros animaes que têm esqueletos calcareos 201
Depositos silicosos formados por animaes. 202
Depositos phosphaticos. 203
Resumo. 203
O homem como agente geologico 204
A influencia do homem sobre as plantas. 204
Plantando 204
Destruição. 204
A influencia do homem na vida animal 205
A influencia do homem na terra. 205

PARTE SEGUNDA

Geologia Estructural.

Qualidades, estructuras, e modificações das rochas. 207
Rochas sedimentarias 207
Laminação ou estratificação 209
Conformidade. 210
Accidentes durante a deposição. 212
Alternação das camadas. 214
Persistencia dos estratos 214
A deposição lenta de sedimentos 215
O endurecimento das rochas 216
Rochas eruptivas ou não estratificadas 220
Agrupamento das rochas igneas. 221
Formas das rochas igneas. 221
Lenções de lava 222
Cones de lava 224
Laccolitos. 224
Diques 224
Tufos. 225
Feições estructuraes communs nas rochas 226
Feições menores 226
Juntas 226
Columnas basalticas 227
Theoria das juntas 229
Diques de arenito 233
A clivagem das rochas. 233
Schistosidade. 235

Paginas

Concreções 236
Fulgaritos 239
Féições maiores 239
A deslocação das rochas 239
Dobramento das rochas 241
Formas dos afloramentos 246
Effeitos das dobras sobre a topographia 247
Falhas 251
Falhaes normaes 251
Falhas revertidas ou de empurrão 252
Complicações produzidas por falhas 253
Descobrimento de falhas na superficie da terra 256
Mineralização ao longo de linhas de falhas 257
A emergencia de fontes 257
Mudanças na topographia 257
Mudanças das rochas ou do solo 257
Importancia economica de falhas 257
A alteração das rochas 257
As causas do metamorphismo 258
O metamorphismo local 259
Metamorphismo geral ou regional 260
As rochas metamorphicas 261
Conclusões geraes relativas ao metamorphismo 261
Filões, vieiros, ou bêtas mineraes 262
Origem de fendas 263
Alargamento de fendas 264
Profundidade das fendas 265
O enchimento de vieiros 266
Enchimento de vieiros de baixo 266
Enchimento de vieiros de cima 267
Enchimento lateral de vieiros 267
Uma theoria modificada 267
Processo de enchimento 268
Riscos na mineração 269
Relação de vieiros e depositos de alluvião 270
Fontes e poças em relação á estructura geologica 271
Porosidade devida a espaços entre os fragmentos de materiaes graúdos . . 271
Porosidade devida a juntas ou fendas nas rochas 272
Vias para agua feitas por cavernas 272
Porosidade devida á dolomitação 272
Relação á estructura 272
Poços communs 273
Poços artesianos 275
Importancia de altitudes relativas 276
Aguas mineraes 276

PARTE TERCEIRA

Geologia Historica.

Paginas

Introductorio 279
Os fosseis e os seus usos 280
Depositos terrestres 282
Valores relativos de fosseis 282
A columna geologica 283
Correlação 283
A côr 283
Conteúdo mineral 284
A ordem das camadas 284
Emprego de fosseis para correlação 284
O valor de fosseis 285
A columna geologica 286
Côres de mappas geologicas 287
Periodo archeano 287
Distribuição do archeano 289
Depositos economicos do archeano 293
Periodo paleozoico 294
Cambriano 294
Ordoviciano ou siluriano inferior 294
Siluriano ou siluriano superior 295
Devoniano 301
Carbonifero inferior 312
Carbonifero 312
Permiano 318
Periodo mesozoico 331
Triassico 331
Jurassico 337
Cretaceo 338
Periodo cenozoico 358
Terciario 358
Periodo psychozoico 372
Pleistoceno ou quaternario 372
Reliquias humanas 378
A extensão do tempo geologico 379

FIM

GEOLOGIA ELEMENTAR

Introducção

A geologia é a sciencia que trata da estructura e da historia da terra.

De ordinario, não é evidente para o principiante que a terra tenha uma estructura definida. A sua superficie, á primeira vista, parece completamente constituida de um solo sem estructura o qual em geral, se nos apresenta coberto de vegetação. Aqui e ali, as rochas nuas que ella contém estão expostas em morros e montanhas que, usualmente, mostram muito pouco do que se devêra entender por estructura da terra. Entretanto, si as superficies das rochas forem examinadas com cuidado, verificar-se-á que, emquanto uma exposição ou affloramento differe da outra, muitas dellas têm certas feições communs e que cada uma patenteia um pouco da estructura do terreno que esclarece alguma cousa de areas maiores, e de todo o globo.

As rochas expostas nas pedreiras, nos canaes dos cursos d'agua, ao longo das estradas e nos córtes dos caminhos de ferro, deverão ser examinadas de accôrdo com o que já expendemos. Mas convém notar que a historia da terra, assim como a sua estructura, são tanto quanto ellas se nos revelam visiveis e legiveis, fragmentarias.

Os archivos das rochas não são em toda a parte accessiveis. Alem disso, muitos delles foram escurecidos ou obliterados totalmente, e é só pela reunião dos seus fragmentos que podemos decifrar a estructura e a historia da terra. E mesmo assim essa historia é sempre mais ou menos fragmentaria.

Das varias divisões da sciencia que ordinariamente figuram nos tratados sómente se tratará na presente obra elementar das denominadas *geologia dynamica, estructural e historica.* A consideração das divisões de geologia cosmica, physiographica, petrographica, etc., nos levaria demasiado longe nos dominios da astronomia, geographia physica, mineralogia e outras sciencias relacionadas.

PARTE PRIMEIRA

Geologia Dynamica

A geologia dynamica occupa-se com os agentes formativos e destructivos das rochas. Denominam-se agentes formativos de rochas as forças que as fazem, e agentes destructivos aquelles que as destroem. Estes agentes são os mesmos em todo o mundo; mas, devido ás differenças climatericas e locaes, elles variam grandemente em sua intensidade de uma região á outra, e até, num mesmo logar, de uma estação do anno para outra.

No sentido geral, são semelhantes as rochas em todas as partes do mundo, isto é, as rochas da America são muito semelhantes ás da Europa, Asia e Africa, e as rochas do Brasil assemelham-se ás dos outros paizes. Por esta razão, as leis da geologia applicam-se universalmente.

As rochas podem ser classificadas consoante aos agentes pelos quaes ellas são formadas.

I. — *Sedimentos mechanicos*, ou aquellas cujos materiaes, derivados de rochas preexistentes, foram mechanicamente depositados pelo ar ou pela agua. Em geral, taes rochas são denominadas sedimentarias, termo em que, estrictamente falando, se incluem tambem algumas de cada uma das classes abaixo mencionadas.

II. — *Depositos chimicos*, ou rochas precipitadas da solução em agua ou em gazes.

III. — *Rochas igneas*, ou as que se esfriaram e endureceram, pro-

vindo d'um estado anterior de fusão. Algumas destas são tambem denominadas rochas vulcanicas.

IV. — *Rochas de origem organica*, ou as constituidas pela accumulação de materia organica.

Mas cada uma destas qualidades de rocha tem certas singularidades caracteristicas pelas quaes podem distinguir-se. Por isso é preciso conhecer os agentes ou processos pelos quaes as rochas se formam.

TABELLA DOS AGENTES GEOLOGICOS

- Agentes geologicos
  - Mechanicos
    - Atmospherico
      - Directo
      - Indirecto
    - Aquoso
  - Chimicos
    - Solução
    - Precipitação
  - Igneos (altas temperaturas)
  - Organicos
    - Plantas
    - Animaes

A acção directa da Atmosphera.

O trabalho directo da atmosphera, chamado *eoleo*, é effectuado principalmente nas regiões aridas e nas praias arenosas. Elle consiste no *transporte*, *desgastamento* e *deposição* pelos ventos dos materiaes que formam as rochas. O assumpto será estudado nesta ordem.

O transporte pelo vento.

Nas regiões aridas são frequentes as tempestades de areia e pó. Taes tempestades são produzidas pelo vento que levanta e conduz para longe e para cima as areias seccas e miudas espalhadas na superficie, em taes quantidades que produzem verdadeiras nuvens de pó. Ha

poucos logares no Brasil onde o paiz seja de tal modo arido que permitta as tempestades de areia; mas, na Republica Argentina ellas se desencadeam frequentemente nas planicies seccas entre os Andes e o Oceano Atlantico, e entre os Andes e o rio Paraguay. Durante estas tempestades, a poeira é algumas vezes tão espessa que produz escuridão quasi egual á da noite e, eventualmente, cahe em taes quantidades que obliteram marcos e estradas. Quando estas tempestades são acompanhadas de aguaceiro, a poeira é carregada com a agua e tem a apparencia de uma chuva de lama (1).

Calcula-se que, durante taes tempestades, o material transportado no ar attinge, pelo menos, a duas mil (2.000) toneladas para uma milha cubica de ar (2).

Para ter-se uma idéa da distancia a que a poeira é assim transportada, basta dizer-se que navios, ao largo da costa da Africa e á distancia de mil quatrocentos e quarenta e oito (1.448) kilometros, têm recebido essa poeira.

Na China os ventos do interior trazem quantidades enormes de poeira e espalham-na pelas costas sobre uma area de 2.071.950 kilometros quadrados.

Na costa oeste como na do sul de Portugal as dunas prejudicam a agricultura em escala grande.

As areias sopradas pelos ventos. — A maior parte do material mineral impellido pelo vento acha-se na fórma de areia commum, tal qual se encontra em todas as costas brasileiras, ou de poeira fina. Quando a areia se acha molhada, não póde ser movida pelo vento; mas quando secca e frouxa, é facilmente carregada. Quando as marés estão baixas, as areias enxugam depressa e, quando o vento sopra em direcção á terra, porções de grãos de areia são transportadas além do alcance das marés e, uma vez que se encontrem na parte permanentemente secca da praia, podem ser impellidas a ongas distan-

---

(1) *Buenos Airés and the provinces of the Rio de la Plata.* By Woodbine Parish, pp. 127-128, second edition. London, 1852.

(2) *Popular Science Monthly*, Sept., 1896, p. 655.

cias pelo vento. Amontoam-se, então, em lombadas movediças, conhecidas sob a denominação de « dunas ». (Vêde a fig. 1.)

As areias que formam as dunas são, a miude, sopradas para a terra, á distancia de muitos kilometros. Ao longo da costa dos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, as areias das dunas têm sido levadas para o interior onde formam lombadas, em algums logares, de mais de trinta metros de altura e de muitos kilometros de extensão.

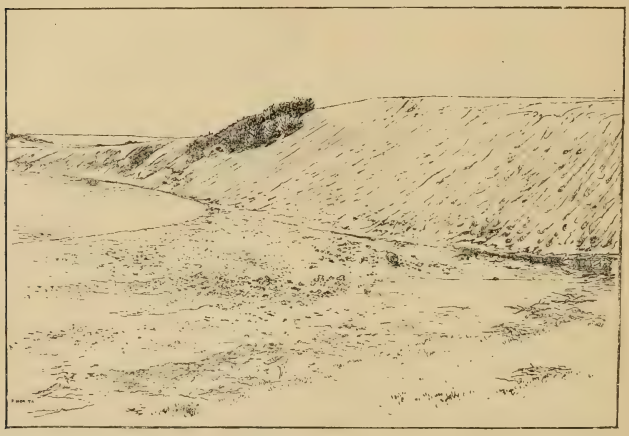


Fig. 1. — O lado de levante de uma duna de areia na costa de Sergipe.

Quando os ventos sopram parallelamente á linha da costa, as areias das dunas são transportadas ao longo da costa, até encontrarem algum obstaculo embaraçando a sua marcha e ali fazem accumulações.

Na costa do Ceará, onde os ventos reinantes são de sueste, as dunas frequentemente se accumulam no lado do sul das boccas dos cursos de agua, os obrigando a seguir para o norte a fim de rodear a areia que obstrue os seus canaes. Muitos cursos d'agua, ao longo da costa do Brasil a oeste do Natal, estado do Rio Grande do Norte, tambem têm dunas de areia ao lado sul das suas boccas.

As figs. 1-2 mostram as dunas de areia na costa de Sergipe entre a bocca dos rios Cotinguiba e Real.

Nas regiões dessas areias volantes verificam-se soterramentos pela invasão lenta das areias. No estado do Maranhão a areia se tem accumulado de tal modo na fortaleza da « Ponta da Areia » que, a se não

Fig. 2. — Dunas de areia, á bocca do rio Real, no estado de Sergipe (Hartt).

tomarem providencias contra a sua invasão, a alludida fortaleza virá fatalmente a desapparecer (1).

No porto de Natal, estado do Rio Grande do Norte, as areias encostam-se constantemente no rio causando sério prejuizo à sua navegabilidade, não obstante os cuidados a que o governo se applica para evitar damno tão grave. Foi por esse mesmo processo que a esphinge do Egypto, e muitas cidades e monumentos da Africa septentrional ficaram parcial ou completamente sepultados e perdidos.

Em diversos lugares na parte sul da costa do estado do Rio Grande do Norte, depois das areias das dunas terem sido sopradas para dentro da linha da costa, esta tem sido solapada de maneira a ver-se as velhas dunas expostas nos pincaros dos barrancos a trinta e cinco metros acima do nivel da maré. (Véde fig. 3.)

A partir de ponta do Calcanhar, perto de Cabo de S. Roque, a costa do norte do Brasil segue em rumo de oeste mais ou menos até á ponta de Tapagé no estado do Ceará noventa kilometros leste de Camocim. Todo aquelle littoral é baixo, e em geral constituido por areia fina

(1) Refere o Sr. John Hawkshaw que, naquelle local, os soldados do forte escaparam com difficuldade de ficar soterrados. (*Melhoramentos dos portos do Brazil*, pags. 78-80, Rio, 18-5.)

que percorre essas costas em marcha incessante para oeste. Ás vezes a areia segue por terra, formando dunas que tudo avassalam, attingindo alturas superiores a trinta metros e estendendo-se muitos kilometros para o interior; outras vezes segue por mar, obrigando as embocaduras dos rios a tomar a direcção de noroeste e formando barras atravez dos mesmos, ou fechando-os pela acção combinada das vagas e das areias das dunas em periodos de seccas.

Na ponta de Mocuripe no Ceará as areias sopradas pelos ventos do

Fig. 3. — Duna antiga por cima do barranco em Pipa, estado do Rio Grande do Norte. O barranco neste ponto tem cerca de 35 metros de altura e a duna que o cobre cerca de 30 metros.

sueste formam dunas extensas. Para impedir o movimento destas areias e das proximidades da cidade de Fortaleza, o governo mandou plantar capim e outras plantas para evitar o movimento d'ellas. As dunas da ponta do Mocuripe alcançam a altura de 50 metros e uma extensão de mais de tres kilometros. « Essas areias têm uma direcção quasi constante, e marcham para oeste-noroeste. Parte dellas vai invadindo todo o taboleiro que se estende entre o rio Cocó e a cidade de Fortaleza, parte lança-se na enseada do Mocuripe e atravessa, seguindo depois a praia para oeste » (1).

Distribuição de plantas e animaes. — As sementes de muitas plantas têm azas ou outros appendices que lhes facilitam o

(1) Add., pag. 11, de Manuel Carneiro de Souza Bandeira, Sub.-com. de Estudos dos portos de Fortaleza e Camocim. Rio de Janeiro, 1910.

transporte pelo vento a largas distancias. Taes dispositivos ajudam a distribuição das sementes no globo e deixam os seus traços na historia da terra.

Certos animaes são levados pelo vento a longa distancia. Passaros que não poderiam voar para tão longe, são impellidos para o mar e assim alcançam ilhas e continentes a que nunca poderiam aportar por seu proprio vôo, si não fôra o auxilio que lhes prestam as correntes atmosphericas. Os insectos, especialmente os gafanhotos, aranhas e borboletas são, amiudadas vezes, levadas a longa distancia por esta maneira.

Os marinheiros raramente se approximam da terra firme do Brasil, sem que divisem borboletas e passaros terrestres perto do navio antes de terem terra á vista, sendo que o apparecimento daquelles animaes é para elles indicio certo de terra proxima.

Distribuição de cinzas vulcanicas pelo vento. — Na vizinhança de vulcões acontece que as cinzas ou rochas divididas em pedeços miudinhos são expellidas pelas forças explosivas e arremessadas á grandes alturas. Os ventos carregam essas cinzas ás vezes a distancias enormes. É por isso que na vizinhança de um vulcão activo as cinzas apparecem como um lençol extendido por todos os lados, mas geralmente mais largo na direcção em que o vento sopra.

Por occasião da erupção de Krakatoa no estreito de Sunda no anno 1883, cinzas em quantidade foram levadas á distancia de mil e seiscentos kilometros. Em Venezuela verificou-se que as cinzas daquella explosão attingiram a altitude de 26.000 metros, e na ilha de S. Hellena de 32.300 metros.

Nas regiões vulcanicas dos Andes, as cinzas arremessadas pelos vulcões espalham-se muito longe, devido ao vento, constituindo camadas que cobrem milhares de kilometros quadrados (1).

---

(1) Edward Whymper. *Travels amongst the great Andes of the Equator*, pags. 125, 141, 326, 328. New-York, 1892.

Nature, Apl, 24, 1884, 595 ; Dez. 6, 1883, 130-133.

O desgastamento pelo vento.

O vento por si só é incapaz de desgastar as rochas, mas os grãos de areia transportados são capazes de cortar e polir as rochas de encontro ás quaes são soprados. No estado do Ceará, quando o vento sopra fortemente da praia, os grãos de areia são levados de encontro ao rosto de quem passa com tal impetuosidade que causa dôr. A mesma cousa se verifica passeando contra o vento em qualquer região de dunas. Quando os grãos de areia são soprados de encontro a uma rocha cada grão bate com uma forte pancada de maneira a desprender um pouco da superficie. Por este meio, as rochas e os seixos expostos ás areias volantes são cortados e polidos. Quando a areia é soprada de encontro á vegetação as suas folhas são cortadas, dilaceradas e reduzidas no seu desenvolvimento. Por isso acontece que as plantas ao longo das encostas perto da costa são frequentemente enfesadas.

O poder cortante da areia soprada tem sido utilisado na invenção conhecida por *sand-blast*, artificio usado para embotar, cortar e ornamentar vidros e mesmo para cortar e esculpir pedras para e edificação e para fins ornamentaes.

Deposito dos materiaes carregados pelos ventos.

Quando as areias sopradas pelos ventos cahem na agua formam depositos sedimentares. Quando o mesmo acontece com a poeira ou cinzas vulcanicas os depositos denominam-se tufos. Sobre a terra firme os materiaes soprados pelos ventos formam aquillo que é conhecido por medos, comoros ou dunas. Quando as areias são sopradas por cima de terreno plano e despido de arvores e outras obstrucções, as dunas ou monticulos de areia avançam em linha um tanto irregular, perpendicular á direcção do vento. Si, entretanto, existem arbustos, ou vegetação de qualquer natureza, formando obstrucções, a areia é varrida para traz delles e as dunas amontoam-se em longas linhas, a partir da obstrucção e na direcção em que o vento sopra.

As areias se accumulam até alturas que variam com as condições

locaes. Na costa da Hollanda, attingem muitas vezes a setenta e nove (79) metros de altura; no occidente na Palestina attingem a sessenta (60); em Cat Island, uma das Bahamas, ellas chegam a cento e vinte e dois (122) metros de altura; emquanto, na costa occidental da Africa, dizem alcançarem cento e cincoenta (150) metros e mais (1).

A' nordeste da Hespanha, em Toroella de Montegri, as areias têm sido sopradas quinze kilometros do logar de origem e têm invadido os campos cultivados, transformando-os em desertos (2).

O movimento das dunas é produzido pelo transporte dos grãos de

Fig. 4. — Secção mostrando uma duna de areia e o arranjamento das suas camadas. As flechas indicam a direcção do vento.

areia por cima do monticulo de barlavento para sotavento onde ficam depositados. O resultado é que ha um movimento gradual de todo o corpo da duna. O amontoamento da areia, no lado de sotavento, dá ao material uma estructura peculiar e caracteristica. As camadas, quando depositadas, se inclinam sempre na direcção do movimento das dunas, de maneira que uma secção cortada atravez de um tal monte de areia, mostraria ter a estructura da figura 4.

Estas dunas endurecem algumas vezes, devido á deposição de carbonato de cal entre os grãos de areia. As rochas formadas por esta maneira, com os materiaes soprados pelo vento, são chamadas *eolias*.

Os materiaes de que se formam as dunas e as rochas eolias variam muito. Na costa do Rio Grande do Norte, as areias sopradas são na maior parte, grãos de quartzo, porém ellas contêm algumas particulas de ferro e alguns fragmentos de materia calcarea, quer sejam conchas de molluscos, ou pedaços de coral.

Na ilha de Fernando de Noronha, existem rochas eolias feitas

---

(1) *A reconnaissance of the Bahamas.* By Alex. Agassiz. Bull. Mus. Com. Zool. XXVI, pag. 34, Cambridge, *Mass.* 1884.

(2) *Arenas voladoras del n. e. de España.* Por Don Rafael Puig y Valls. Bol. y Memorias de la Real Acad. de Ciencias y Artes, Barcelona, 1900.

quasi inteiramente de fragmentos de conchas, de modo que estas rochas são queimadas para fazer cal (1). (Vède fig. 53.)

O endurecimento do arenito eolio de Fernando de Noronha foi produzido pelas chuvas que sobre as dunas cahiram, dissolveram a cal da parte superior das dunas de areia calcarea e depositaram essa mesma

Fig. 5. — Uma antiga duna de areia endurecida e ora exposta num barranco de rocha ignea. Ilha Rata, Fernando de Noronha.

cal entre os grãos formadores da parte interna e inferior do monte. A maioria das dunas de Fernando têm sido endurecidas e solapadas pelo mar. As dunas antigas estão, por isso, actualmente expostas como rochas duras ao longo dos barrancos.

Na China os depositos de loess têm a espessura de 750 metros. Naquelle paiz fazem nos arroios de loess excavações que servem para habitações do povo. O loess, antigamente attribuido á acção dos geleiros, hoje geralmente attribue-se á acção de vento.

Acção indirecta da atmosphera.

A acção indirecta da atmosphera é muito mais importante na geologia do que a directa. Estudal-a-emos sob os seguintes titulos.

(1) J. C. Branner. *Os gres eolios de Fernando de Noronha.* Revista do Instituto Archeologico e Geographico Pernambucano. N° 44, pags. 161-171. Pernambuco. 1893.

I. — Mudanças de temperatura.
II. — Evaporação.
III. — Producção de vagas nas extensas massas de agua.
IV. — Effeitos sobre o nivel da agua.
V. — Effeitos sobre as correntes oceanicas.
VI. — Sua acção como carregadora da agua.

I. — Mudanças de temperatura.

Sabem todos que as mudanças de temperatura produzem a expansão e contracção dos metaes. Produzem-se effeitos semelhantes sobre os mineraes e sobre as rochas.

Nas rochas crystalinas massiças os crystaes se expandem e se contrahem desigualmente ao longo dos seus differentes eixos e alguns delles, até, se contrahem ao longo de um eixo emquanto se expandem ao longo do outro (1).

Visto que as rochas crystalinas são ordinariamente, compostas de varias especies de mineraes, interlaçados entre si, todas as mudanças de temperatura tendem a fazer com que os mineraes escorreguem uns sobre os outros, affrouxando e desintegrando toda a massa.

Todas as rochas expostas estão sujeitas ás mudanças de temperatura; isto se verifica especialmente nas camadas superficiaes. Mesmo nas regiões do Brasil onde a temperatura não vai abaixo de zero, as rochas expostas soffrem uma mudança de temperatura na superficie de cerca de 57° C., isto é, a temperatura, ao sol, durante as horas mais calidas é cerca de 65° C., emquanto, á noite, a temperatura póde cahir até cerca de 8° C. O effeito ultimo de taes mudanças consiste na desintegração das rochas e no esfolhamento dellas, formando matacões (enormes pedras soltas) de decomposição e até arredondando os proprios moros e montanhas. (Vêde fig. 6.)

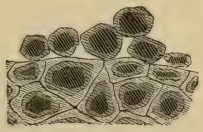


Fig. 6. — Diagramma illustrando a origem dos blocos de decomposição. (Hartt).

(1) F. W. Clarke. *Tables of expansion by heat for solids and liquids.* Smithsonian Miscellaneous Collection, XIV, n. 289, Washington, 1876.

Quando extensas superficies de granito estão expostas aos raios solares, a expansão faz com que grandes laminas ou cascas de muitos

Fig. 7. — Folheamento de granito, Ilha do Boi, estado do Espirito Santo (Hartt).

centimetros de espessura se levantem e se desprendam da massa inferior mais fria. (Vède fig. 7.)

Quando as estradas passam por cima destas grandes cascas, ellas

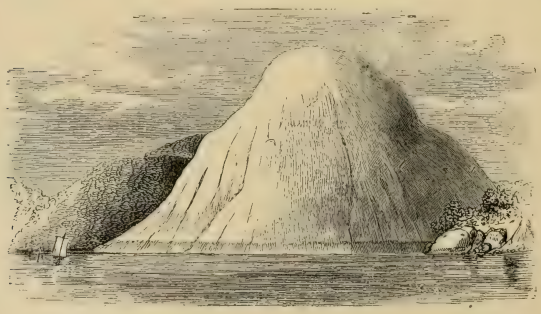


Fig. 8. — O morro 1.º de Março. Um pico de granito exfoliado na Victoria, capital do estado do Espirito Santo (Hartt).

repercutem num som òco sob os cascos dos cavallos. Os bellos cones de granito que se acham perto e na cidade do Rio de Janeiro e Victoria (vède fig. 8) devem as suas lindas fórmas arredondadas a esse processo de descascamento ou exfoliação. Nas encostas de quasi todos

esses picos vêm-se as arestas livres das grandes cascas separadas d'elles por esse processo de contracção e expansão. Nas pedreiras do Rio de Janeiro os cavouqueiros se utilisam dessas fendas para extrahir blocos de espessura conveniente.

As laminas ou cascas variam em espessura desde poucos centimetros até muitos metros. As laminas grossas porem são susceptiveis de

Fig. 9. — Matacões ou blocos de decomposição de granito, Paquetá, bahia do Rio de Janeiro.

divisão mais fina, mas separam sempre com as faces paralleles á laminação grossa.

O effeito das mudanças de temperatura sobre blocos de todos os tamanhos é produzir massas proximamente arredondadas.

Estes matacões ou blocos se encontram em todas as regiões do Brasil onde as rochas são massiças, quer sejam granitos, gneiss, ou outras rochas crytallinas e homogeneas. Existem muitos exemplares excellentes perto do Rio de Janeiro, onde elles surgem á tona d'agua da respectiva bahia, especialmente na Ilha da Agua e na Ilha de Paquetá.

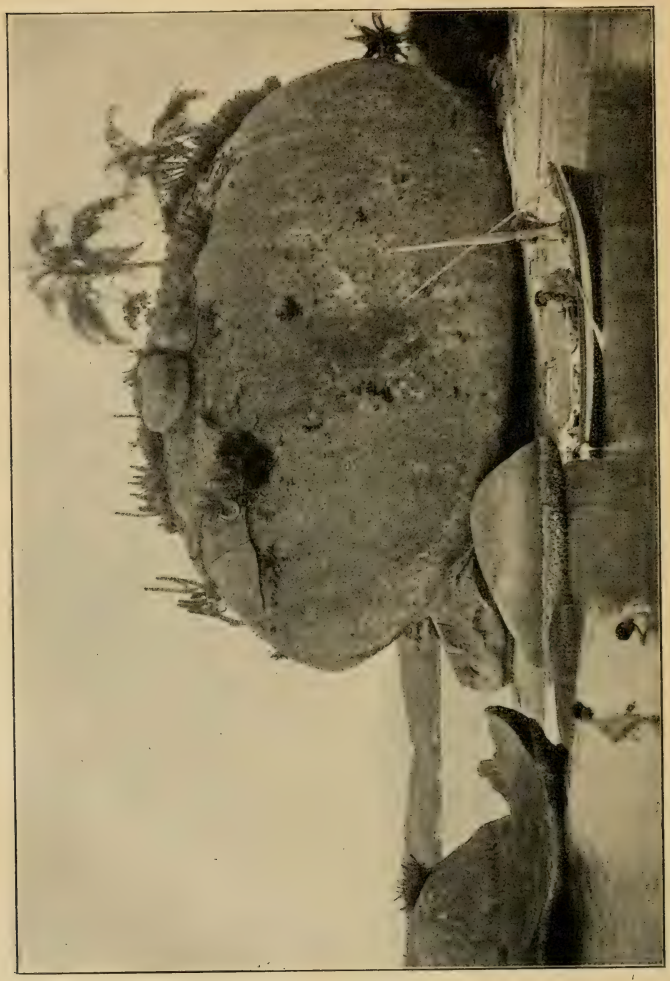


Fig. 10. — Blocos de decomposição produzidos pela exfoliação de granito na Ilha d'Agua, na bahia do Rio de Janeiro.

Ha tempos se levantou a hypothese que estes blocos haviam sido espalhados no Brasil pelos geleiros durante a época glacial — um periodo frio que se sabe ter existido nas regiões mais proximas dos polos. Entretanto, estudos posteriores mostraram que esses blocos se originaram, proximo ou mesmo no proprio logar onde ora se encontram, pelos processos de exfoliação e decomposição (1). Na estampa junta vê-se uma grande casca de forma conchoidal já destacada e uma outra ainda assentada sobre o nucleo.

As « furnas do Agassiz » em Tijuca na vizinhança da cidade do Rio de Janeiro são accumulações de blocos de decomposição tendo a sua origem nas serras circumvizinhas.

Afim de entender-se melhor o processo pelo qual os blocos angulares se arredondam, imaginemos um cubo de granito com as suas faces divididas por linhas, em quadrados de tamanhos iguaes; supponhamos um centimetro quadrado (Fig. 11).

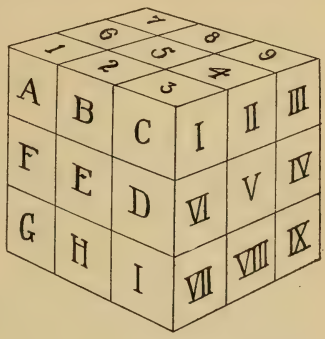


Fig. 11. — Diagramma que illustra a exfoliação.

Ora, si um cubo tal fôr exposto a um augmento igual de temperatura, cada um dos quadrados, em que estão divididas as suas faces, receberia a mesma somma de calor. Si suppuzermos que é de um grau esse augmento de temperatura, então cada quadrado, sobre cada face do cubo, será aquecido na mesma proporção. Aconteceria que os quadrados A, B, C, D, E, etc., seriam aquecidos na importancia de um grau, e os quadrados, na superficie superior, 1, 2, 3, 4, 5, etc., seriam semelhantemente aque-

(1) J. C. Branner. *The supposed glaciation of Brazil. Journal of Geology*, vol. 1, pgs. 753, 772, Chicago, 1893.

A supposta glaciação do Brazil; *Revista Brazileira*, VI, 106-113, Rio de Janeiro, 1896.

cidos, emquanto os marcados I, II, III, IV, V, etc., receberiam identico augmento de temperatura. Mas, emquanto alguns dos cubos, que formam o bloco inteiro, têm apenas uma face exposta, outros, ao longo das arestas do bloco, apresentam duas faces, e os dos cantos tres faces, e por consequente os cubos marcados 2 B, 4 II, receberão o dobro do calor que recebe os marcados E, V, ou 5, ao passo que o marcado 3 C I receberá o triplo. O effeito desta distribuição de calor será aquecer mais as arestas e os cantos do bloco do que as suas partes centraes. Por outras palavras, o calor penetraria o bloco mais profundamente nos cantos. Na natureza, todas as mudanças de temperatura affectam as rochas mais profundamente nos angulos salientes e a rocha parte-se em laminas, que cahem, deixando por baixo, na parte interna, uma superficie mais ou menos arredondada.

Convêm notar-se, ainda mais, que quando superficies largas de rochas massiças, semelhantes aos granitos e gneiss do Rio de Janeiro, são sujeitas a mudanças consideraveis de temperatura, a expansão e contracção da rocha produzem fendas nas mesmas.

Já se disse que as rochas expostas ao ar, no Brasil, soffrem uma mudança de temperatura de cerca de 57 gráus centigrados.

Os granitos e gneiss expandem-se e contrahem-se uma parte em cerca de cento e onze mil (111,000), ou nove decimos (0,9) de millimetro para cada cem metros, para cada mudança de um gráo centigrado. Sobre uma superficie de granito de cem metros de comprimento, essa variação de temperatura produziria uma expansão ou uma contracção linear de cerca de cincoenta e um (51) millimetros. Uma tal mudança de temperatura deve necessariamente produzir fendas na rocha.

Devemos notar que por mais resistente que seja uma rocha aos agentes de decomposição, desde que ella se fenda, ficará sujeita ao ataque das aguas meteoricas e dos acidos e agentes organicos de varias naturezas que, eventualmente, completarão a sua destruição. Deve-se tambem notar que, como succede com o calor, esses diversos agentes actuam mais energicamente sobre as arestas e angulos dos blocos angulares e então tendem tambem a produzir matacões arredondados de decomposição.

Em qualquer parte onde se encontrem grandes penedos lisos on

Brasil, vêm-se linhas de vegetação sustentando-se, ali e alêm, nas fendas produzidas por essas mudanças de temperaturas. As plantas (excepto as epiphytas, que não carecem de solo) não medrariam em taes lugares, si não houvesse solo, e ahi não pode haver solo senão o produzido pela decomposição da propria rocha.

Nas regiões onde a temperatura desce abaixo de zero a agua de dentro e em torno das rochas fica gelada, e isto produz um phenomeno pouco conhecido no Brasil, A agua quando gela se expande, e quando enche as fendas das rochas, essa expansão dilata estas fendas separando mais os fragmentos de rocha. Nos climas frios as montanhas ingremes e escarpadas, cujas rochas mais ou menos se fracturam, têm as suas encostas rapidamente rebaixadas, devido á expansão da agua no acto de gelar-se nos climas frios. Os calçamentos das ruas são frequentemente levantados dos seus respectivos lugares pela congelação das aguas debaixo delles; os tubos d'agua rebentam-se; os tijolos e pedras dos muros deslocam-se e cahem; as encostas das montanhas são rebaixadas formando taludes ao longo de sua base, — tudo por causa dessa mesma força expansiva.

Estes phenomenos, entretanto, limitam-se ás regiões onde a temperatura desce abaixo de zero, e por isso esse facto tem pouca importancia para quem estuda a geologia do Brasil.

I. — A formação do solo.

Solos alluviaes. — — Os solos alluviaes são transportados pelos cursos d'agua até ao logar em que hoje se encontram e lá se espalham nas varzeas, ou planicies de inundação, durante as cheias. Os solos alluviaes são assim sempre de origem extranha e são limitados aos terrenos baixos que acompanham os cursos d'agua e ás suas varzeas.

Solos residuarios. — Os solos residuarios formam-se no logar, em que se acham e derivam-se directamente das rochas pela acção chimica, e parcialmente tambem pelos effeitos de mudança de temperatura sobre aquellas rochas. As differenças que se notam entre os solos

residuarios são, por isso, devidas principalmente ás dissemelhanças das rochas das quaes elles resultam.

A « terra róxa » do estado de S. Paulo e outros estados das bacias do Paraná e Uruguay formaram-se pela decomposição *in situ* das rochas eruptivas (diabase) que se encontram embaixo.

É de notar porem, que nem sempre o diabase fica decomposto ao ponto de formar solo. Dr. Lisboa referindo-se ás suas explorações do estado de Matto Grosso notou que: « nem sempre essa rocha decompondo-se transforma-se na typica terra roxa ou noutra que se lhe aproxime. A terra roxa typica com exuberante mata pluvial interior, forma apenas uma orla de legua ou pouco mais de largura, margeando o Tieté, de Avanhandava ao Paraná, abrangendo portanto unicamente a parte mais baixa dos seus valles secundarios » (1).

O « massapé » ou solo negro do estado de Sergipe e do Reconcavo da Bahia é o resultado da decomposição dos calcareos cretaceos daquellas regiões. Os granitos de grão grosso de muitas partes do Brasil apresentam um solo de pedregulho, conhecido sobe o nome de *salmourão*, quando uma parte do feldspatho resiste á decomposição e permanece, como o quartzo, em areia grossa ou no meio da terra derivada por decomposição das partes mais decomponiveis compostas de feldspatho e de mica. Estes ultimos são solos residuarios.

Solo glacial. — Nas regiões do mundo onde houve glaciação ha uma especie de solo feito ou modificado pela acção dos geleiros. Esses solos podem originar-se, ou dos solos residuarios, ou dos alluviaes, ou de qualquer combinação dos dois. Como não houve glaciação no Brasil durante o periodo em que os solos existentes se formaram, esse assumpto não entra no estudo da geologia do Brasil.

II. — Evaporação.

O trabalho geologico da evaporação consiste na concentração e deposição da materia mineral contida n'agua. A deposição chimica dos

(1) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo; Sul de Matto Grosso*, pg. 10. Rio de Janeiro, 1910.

mineraes será tratada mais detidamente sob o titulo de « agentes chimicos ».

Aqui apenas estudaremos a formação da efflorescencia.

Nas regiões aridas, encontra-se commummente a superficie da terra coberta por uma crosta delgada de mineraes esbranquiçados, conhecidos sob a denominação de « alcali ». Estes mineraes são trazidos em solução do solo e das rochas inferiores e se crystalisam na superficie quando a agua se evapora.

As aguas que entram e passam atravez das rochas e do solo dissolvem parte da sua materia mineral. E' essa a rasão porque as aguas de todas as fontes, poços e cursos contêm mais ou menos materia mineral em solução. Nas regiões aridas a atmosphera secca produz a rapida evaporação de todas as aguas a ella expostas. A agua na superficie do solo evapora-se; a materia mineral em solução não se evapora, mas se crystalisa, ficando na superficie do solo. O processo é continuado pela agua que vem de baixo, devido á acção da capillaridade, para substituir a que foi removida pela evaporação.

A materia mineral deixada na superficie do solo não é ordinariamente de uma só substancia; ao contrario, varia consideravelmente. Ella póde ser chlorureto de sodio, ou sal commum, ou póde ser uma outra fórma de soda, ou algumas das fórmas mais soluveis da potassa, cal, magnesia ou alumina. Os mineraes que constituem essa efflorescencia são, em todos os casos, os que se dissolvem facilmente n'agua.

As seguinte são analyses do sal fabricado do alcali do valle do Salitre no estado de Bahia.

Agua e materia organica.	0.50	1.60
Areia	1.32	0.63
Sulfato de magnesio ($Mg\ SO_4$)	0.36	0.86
Sulfato de calcio ($Ca\ SO_4$)	2.68	1.78
Chlorureto de calcio ($Ca\ Cl$)	»	0.63
Chlorureto de sodio ($Na\ Cl$)	95.20	94.68
	100.06	100.18

A formação dessa efflorescencia não occorre nas regiões onde a queda das chuvas é abundante ou bem distribuida durante o anno, pela

razão que, sendo muito soluvel, o material está dissolvido e levado pelas aguas. Por essa razão taes phenomenos não são tão communs no Brasil como nas regiões desertas da Patagonia, Argentina e Chile.

Não tenho conhecimento de analyses chimicas das efflorescencias do Brazil senão as do sal da Bahia; mas as de Uruguay e da Republica Argentina mostram as seguintes composições (1).

Substancia organica	2	3
Sulfato de sodio ($Na_2 SO_4$)	80	66
Chlorureto de sodio ($Na Cl$)	10	8
Carbonato de sodio ($Na Co_3$)	3	»
Sulfato de magnesio ($Mg SO_4$)	4	6
Agua (H_2O)	1	12
Ferro ($Fe_2 O_3$)	»	3
Sulfato de calcio ($Ca SO_4$)	»	2

No interior do estado de Pernambuco, perto de Buique, certos arenitos contêm consideraveis quantidades de salitre, que é um mineral muito soluvel. Quando as camadas que o contêm estão expostas ao ar, as aguas se evaporam e o salitre fórma uma efflorescencia de crystaes, de côr amarellada. na superficie das rochas. Em crystalisando-se o salitre afrouxa uma camada delgada da rocha de modo que estas rochas salitriferas estão sendo constantemente desintegradas pela formação da efflorescencia deste sal. Este é, então, raspado e utilisado pelo povo dos arredores para fabrico de polvora (2).

Este processo de evaporação frequentemente produz covas na superficie das rochas. Essas covas são usualmente de alguns centimetros de profundidade apenas, mas, algumas vezes, transformam-se em verdadeiras cavernas.

No estado da Bahia logo ao sul da Estrada de Ferro Central e perto da estação Tanquinho existem cavernas enormes nos morros de granito.

---

(1) Dr. J. Schroder. La composición de dos « eflorescencias salitrosas » observadas en el Uruguay y la Argentina. *Revista del Instituto de Agronomia de Montevideo*, XII, 15-10. Montevideo, 1913.

(2) L. Lombard. *Relatorio sobre a exploração mineralogica de Garanhuns a Buique e da zona salitrosa de Buique*. Recife, 1895.

A fig. junta (n. 12) mostra uma superficie cavernosa tal.

Em uma grande parte do valle do S. Francisco encontram-se rochas saliferas. Dellas são extrahidas grandes quantidades de sal com-

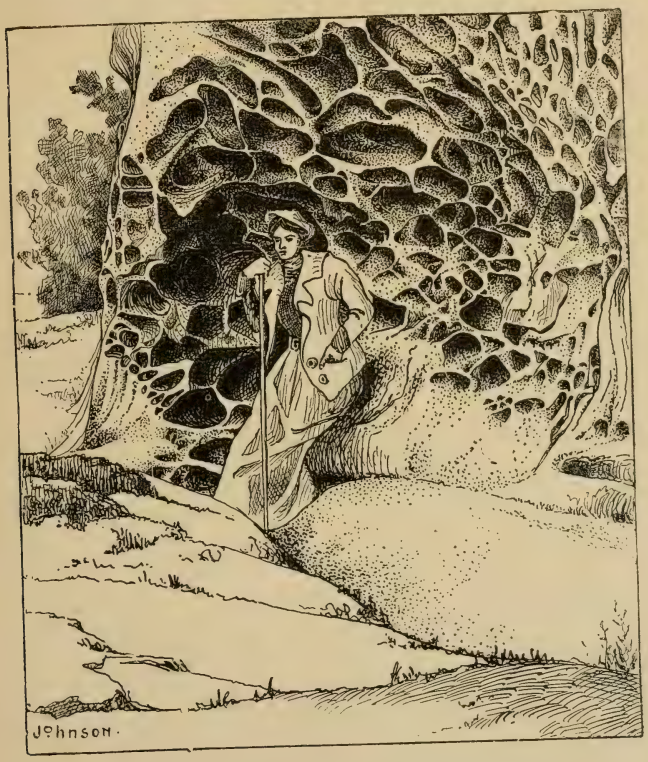


Fig. 12. — Superficie cavernosa de arenito produzida pela formação da efflorescencia. (De uma photographia.)

mum, conhecido por *sal da terra*, o qual é obtido para o uso local de maneira semelhante á acima descripta. Affloramentos de rochas nas quaes apparecem taes efflorescencias salinas, são muito frequentes

no interior do Brasil. Denomina-se *barreiros*, e são muito apreciadas pelos caçadores e creadores de gado por causa da attracção que offerecem tanto aos animaes domesticos como aos silvestres.

A formação de efflorescencia é caracteristica de regiões aridas ou semi-aridas, aonde a estação chuvosa fornece a agua que durante a estação secca produz a efflorescencia. A efflorescencia não pode apparecer numa região onde chove todo o anno, porque as aguas das chuvas removerião os mineraes soluveis sem dar-lhes tempo de crystalizarem-se.

III. — Vagas sobre grandes massas de agua.

As vagas são um agente geologico de grande importancia. Pela maior parte as vagas são produzidas pelo vento que se move sobre a agua. O trabalho geologico das vagas é feito quasi exclusivamente na linha da costa, ou perto della, onde a agua se encosta na terra.

Ao mesmo tempo a acção destruidora das vagas é muito augmentada pela maré nessas occasiões, porque naturalmente assim alcançam maior altura. Esse trabalho consiste no solapamento da costa e no transporte ao longo della dos materiaes excavados e na sua accumulação na forma de pontaes e corôas. Estes assumptos serão estudados circumstanciadamente sob o titulo de « agentes aquosos ».

IV. — O effeito do vento em relação ao nivel das aguas.

Quando o vento sopra sobre uma massa d'agua, por longo tempo, em uma só direcção, a agua tende a accumular-se naquella direcção. Este effeito é mais notavel sobre massas alongadas de aguas, taes como os lagos compridos e estreitos.

Em Outubro de 1886, o vento de oeste soprou firme por alguns dias sobre o lago Erie, na America do Norte, obrigando a agua a elevar-se 2,4 metros, em Buffalo, na sua extremidade oriental e a abaixar-se na mesma proporção, em Toledo, na extremidade occidental do mesmo lago. Em Setembro de 1900, a cidade de Galveston, na costa

do Golpho do Mexico, foi destruida pelas vagas causadas pelos ventos fortes que sopraram durante muitas horas no alludido golpho. Essas vagas cresceram até cerca de tres metros acima do nivel usual e, como a cidade era construida sobre uma ilha tendo apenas metro e meio a tres metros de elevação acima do nivel ordinario da maré, ella ficou submergida e cerca de cinco mil pessoas pereceram.

Na costa da Asia Menor, os ventos algumas vezes sopram firme em uma só direcção por muitas semanas e, quando são violentos, abaixam a agua em alguns logares, accumulando-a em outros.

Taes phenomenos são frequentemente attribuidos a causas sobrenaturaes. Não é descabida a hypothese de que o abaixamento das aguas no Mar Vermelho, ao tempo da passagem dos Israelitas, fosse devido a esse agente.

V. — Effeito do vento sobre as correntes oceanicas.

Sabe-se que as aguas oceanicas se movem em grandes correntes mais ou menos constantes em direcção e marcha. Essas correntes são produzidas, em parte, por convecção ou movimentos internos devidos ás differenças da temperatura; em parte, pelo retardamento das aguas sobre a superficie do globo ao girar este ao redor do seu eixo, e, ainda, em parte pelo sopro dos ventos na superficie dos oceanos.

No giro da terra ao redor do seu eixo, a atmosphera gira com ella, porém, devido ao movimento produzido pela differença de temperatura, tende a atrazar-se e, sendo aquecida na região equatorial, eleva-se e derrama-se na direcção dos polos frios. Esse retardamento produz as correntes aereas que, em contacto com o globo (cuja superficie pela maior parte é coberta de aguas) se movem para oeste. Essas correntes aereas contribuem para o movimento das correntes oceanicas, especialmente nos tropicos.

As principaes correntes que seguem ao longo da costa do Brasil são fornecidas pela corrente equatorial que corre da costa da Africa na direcção do Cabo de São Roque. Neste ponto fica dividida pela fórma do continente, dirigindo-se para noroeste ao longo das costas do Ceará,

Maranhão e Pará, e para sudoeste ao longo da costa de sueste do continente.

Essas grandes correntes oceanicas têm uma influencia profunda sobre os climas de certas partes da terra.

Um caso que merece especial attenção é o das aguas que correm do Golpho do Mexico para o Oceano Atlantico septentrional. A corrente quente que corre para noroeste, ao longo da costa do Brasil, entra no Golpho do Mexico e, depois de ter estado muito tempo debaixo dos tropicos aquecidos, estas aguas derramam-se pelo Estreito de Florida, e dirigindo-se para nordeste, atravessam o Oceano Atlantico, abrandando o clima de todo o noroeste da Europa, especialmente o das Ilhas Britannicas (1).

VI. — A atmosphera como carregador d'agua.

O trabalho geologico mais importante da atmosphera é o que ella faz como carregador d'agua, conduzindo-a dos mares e oceanos para a terra. Ver-se-á, mais adiante, que a agua é um agente geologico de primeira ordem; mas não deverá ser esquecido que a maior parte do trabalho geologico feito pela agua é, indirectamente, obra da atmosphera.

O ar nunca está em repouso, mas sim em constante movimento por toda a parte do globo.

As grandes correntes aereas movem-se sobre a terra em direcções mais ou menos definidas; mas, devida a mudanças de temperatura, essas correntes são muito influenciadas pelas estações do anno, isto é, pela relação do sol com a superficie da terra. Ellas são tambem provavelmente influenciadas de alguma maneira pelas formas topographicas.

Os factos principaes de importancia geologica com relação ao ar são:

I. — A absorpção d'agua pelo ar quente.

II. — A elevação do ar quente.

---

(1) J. E. Pillsbury. *The Gulf Stream. National Geographic Magazine*, XXII, Aug. 1912, 767-778.

III. — A queda d'agua do ar, pelo resfriamento, alem de um certo ponto.

E' facto muito conhecido que o ar quente absorve a humidade. A roupa molhada é collocada ao sol para seccar, porque a experiencia tem mostrado que o sol, aquecendo o ar em contacto com ella, faz a absorpção da agua. A roupa molhada é posta muitas vezes junta ao fogão para conseguir-se o mesmo resultado : o fogo aquece o ar e este, sendo aquecido, é capaz de absorver a agua da roupa, deixando-a secca.

O ar quente eleva-se devido ao facto de ser mais leve do que uma massa egual de ar mais frio.

Nas regiões montanhosas observa-se um phenomeno peculiar que consiste na formação de um pendão de nuvens, devido ao ar quente que se eleva dos valles carregado de humidade que se condensa em fórma de nuvem, perto dos cumes das montanhas. No Rio de Janeiro, vê-se frequentemente esses pendões de nuvens no cume do Corcovado, e mesmo no Pão de Assucar, emquanto o resto do céu se conserva limpo. O povo do Rio de Janeiro, observando aquelles picos, costuma dizer que o Corcovado e o Pão de Assucar coroados prenunciam chuva.

Em geral o ar quente dos tropicos carrega-se de grandes quantidades d'agua e eleva-se com ellas. Passando para latitudes mais altas, esse ar saturado de humidade entra em contacto com o ar mais frio e a temperatura mais baixa faz com que a humidade se condense em nuvens e transforma-se em chuva.

As condições topographicas locaes são, algumas vezes, a causa quasi constante das correntes ascendentes de ar quente carregadas de agua e, em taes lugares, a chuva costuma ser muito abundante.

O grande parêdão da Serra do Mar, voltado para o mar, ao longo das costas do Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná e Santa Catharina, é causa de chuvas extraordinariamente abundantes na região desta cordilheira.

O registro do Alto da Serra do Cubatão, na crista da alludida serra em S. Paulo, mostra que a chuva annual ahi é de tres mil quinhentos e setenta e seis (3,576) millimetros, emquanto a chuva annual na cidade de S. Paulo, a 40 kilometros de distancia, é apenas de mil quatrocentos e noventa e quatro (1,494). A differença é devida á in-

fluencia topographica e ao mais rapido resfriamento, no tôpo da serra, do ar que vem do mar carregado de humidade.

Nas regiões mais frias da terra, quando a atmosphera, carregada de humidade, resfria-se abaixo de zero, a humidade gela, ou se crystalisa, e cahe em fórma de neve ou de saraiva. Nos paizes tropicaes o phenomeno de neve apresenta-se sómente nas montanhas bastante altas, como os picos dos Andes.

A exposição á atmosphera é fatal ás rochas. -- E' este o corollario geral mais importante quanto ás influencias atmosphericas na geologia. O resultado não fica logo patente, porque é necessario muito tempo para desaggregar e destruir as rochas. Ellas podem durar por tempo indefinido, mas sómente quando são protegidas da atmosphera, das mudanças de temperatura e de outras mudanças a que a atmosphera está sujeita. O gastamento das rochas é, pela maior parte um processo subereano.

A profundidade da alteração e decomposição das rochas do Brasil é muito notavel. Os cortes das estradas de ferro por toda a parte discobrem as rochas decompostas e alteradas, e nas minas e nos poços profundos esse facto é ainda mais evidente.

A rocha brasileira chamada itacolumito, que tem a singularidade de ser flexivel, é um arenito metamorphoseado, e depois parcialmente decomposto. Itacolumito quando perfeitamente inalterado não é flexivel (1).

Agentes geologicos mechanicos aquosos.

A acção geologica d'agua é chimica e mechanica. O trabalho mechanico da agua é feito sob as formas abaixo mencionadas:

I. — A chuva na sua acção directa.

---

(1) Sobre a flexibilidade de itacolumito, vêde *American Naturalist*, vol. XVIII, pag. 927. Sept. 1884.

II. — Os cursos d'agua.
III. — Lagos.
IV. — Mares e oceanos.
V. — Gelo, nas formas de geleiros e gelos fluctuantes.

I. — A chuva na sua acção directa.

O trabalho mechanico da chuva faz-se pela maior parte depois que as aguas se reunem em cursos. Entretanto certas fórmas especiaes do mesmo trabalho são produzidas pelo embate da chuva. Taes são as columnas terrosas encapadas de pedra do Tyrol.

Essas columnas podem formar-se em qualquer parte do mundo onde as condições as facilitem. Um kilometro ao norte da estação de Aramary no estado da Bahia, existem muitas dessas formas ao longo da linha da estrada de ferro.

Quando cahe chuva sobre a terra, ou escorre sobre a superficie, em fórma de correntes, ou penetra no solo para emergir, mais cedo ou mais tarde, como fontes.

E' o effeito mechanico da agua que penetra no solo, que ora consideramos.

Quando solos ou rochas de certas naturezas ficam inteiramente saturados d'agua, escorregam ou resvalam, especialmente se estão nas encostas ingremes dos morros ou montanhas. Estes desmoronamentos são de occorrencia frequente durante a estação chuvosa ao longo de algumas estradas de ferro no Brasil especialmente naquellas que atravessam regiões montanhosas. Produzem-se mais frequentemente ao longo das estradas de ferro porque, em fazendo os córtes para ellas, os arrimos naturaes e originaes do solo sobre a encosta montanhosa foram removidos. Os desmoronamentos não se limitam, porém, ás linhas ferreas; podem occorrer tambem em qualquer declive ingreme.

As rochas da Serra do Mar e de outras regiões de granito e de gneiss do Brasil são constituidas em grande parte do mineral feldspatho. Pela decomposição, o feldspatho se transforma em kaolin. Esta

substancia estando secca fica bastante firme, mas saturando-se d'agua se torna extremamente escorregadia e não pode mais supportar grande peso. O resultado é que, depois de um periodo de chuva, os desmoronamentos são de occorrencia frequente nessas regiões da Serra do Mar, porque o kaolin da rocha decomposta se molha e torna-se muito escorregadio.

Em certas localidades nas regiões montanhosas, onde as encostas são ingremes e o solo é favoravel, os desmoronamentos são tão frequentes que certos terrenos antigamente plantados de café foram abandonados por esta causa.

Os desmoronamentos são, tambem, favorecidos por certas estructuras geologicas. Quando as camadas das rochas são horizontaes, ou quasi assim, e livres de juntas, ha pouca probabilidade das camadas resvalarem umas sobre as outras, qualquer que seja a sua composição mineralogica ou a agua que nellas hajam de cahir. Se, porém, ellas estão inclinadas e sem arrimo do lado para o qual se inclinam, pode produzir-se o desmoronamento sempre que uma camada argilosa se ache saturada d'agua.

A composição mineralogica da rocha é tambem um factor importante. Certas substancias mineraes, taes como kaolin, argilla, serpentina, talco, mica, graphite e pedra-sabão, são materiaes essencialmente escorregadios que favorecem o desmoronamento nas rochas em que abundam.

Em todos os casos a agua é um factor importante dos desmoronamentos e ordinariamente é o que determina-os. Os desmoronamentos occorrem algumas vezes durante os terremotos, porém, estes são de tão rara occorrencia no Brasil, que não precisamos considerar aqui este agente.

Em resumo as condições favoraveis aos desmoronamentos são :

1.ª As formas topographicas.

2.ª A estructura geologica.

3.ª A composição mineralogica.

4.ª A presença d'agua.

Se bem que os desmoronamentos sejam agentes geologicos de bastante importancia por deslocarem e removerem para niveis inferiores

enormes quantidades de terra e de pedras, elles raras vezes nos impressionam no Brasil.

Durante os primeiros annos depois da construcção da estrada de ferro central do Brasil, atravez da Serra do Mar, houve muitos desmoronamentos em certos lugares onde a inclinação das rochas na direcção da linha, a condição decomposta das rochas e as chuvas os facilitaram. Posteriormente os lugarés instaveis foram revestidos com alvenaria,

Fig. 13. — Estrada de ferro perto de Senador Pompeo no Ceará onde um desmoronamento e a perda de uma locomotiva foi devido á estructura geologica.

as aguas superficiaes foram captadas em regos, e hoje em dia é raro haver um desmoronamento naquella estrada.

Em alguns paizes elles têm soterrado cidades e villas, causando grandes perdas de vidas e propriedades (1). As vezes represam completamente os cursos d'agua formando lagos temporarios ou permanentes (2).

Falaremos brevemente dos meios que devem ser empregados para

(1) *Guide des excursions du VIIe Congrès géologique international*, XX. St. Petersburg, 1897. *Bul. Soc. Géol. de France*, 2e série, VII, 188. Paris, 1850.

(2) *Nature*. Oct. 13, 1898, p. 586 ; Dec. 7, 1897, p. 127.

evitar os desmoronamentos. Como elles são produzidos por um excesso d'agua no solo, o primeiro passo para evital-os consiste em desviar a agua da area susceptivel de escorregar. Regos cavados nas encostas que dominam uma area desmoronavel, podem de ordinario serem feitos para transportar a agua para um lado ou outro, afastando-a do trecho do terreno arriscado a desmoronar. As arvores que ahi se plantem darão raizes para baixo que sustentam desta maneira o terreno.

Em toda a parte onde seja possivel os arrimos naturaes da terra devem ser conservados. Tem havido diversos desmoronamentos desastrosos na cidade do Rio de Janeiro provenientes de remoção da rocha decomposta da base dos morros de maneira a retirar o arrimo natural do solo da parte mais elevada dos mesmos.

Na construcção das estradas de ferro, represas e outras obras de engenharia, deve-se sempre levar em consideração a estructura geologica do terreno. Actualmente empreza alguma que tenha de lidar com o solo, póde dispensar os serviços de um geologo competente para evitar erros custosos e perigosos.

II. — Acção mechanica dos cursos de agua.

O trabalho mechanico dos cursos de agua consiste em tres processos :

I. — Erosão.
II. — Transporte.
III. — Deposição.

Erosão. — Todo processo de remoção de terra, de rocha, solo e materias mineraes de qualquer natureza denomina-se, geralmente, erosão ou denudação.

A erosão ou desgastamento feito pelos cursos d'agua é o resultado do *embate* da agua, ou do *esfregamento* ou *abrasão* dos materiaes que por ellas foram transportados.

Deve-se notar que a correnteza de qualquer curso d'agua não é a mesma por toda a parte. Por causa da fricção da agua com o solo, a

correnteza é menor no fundo e nos lados, e maior no meio, á flôr d'agua. Alem disto, passando uma curva, a força é maior no lado de fora da curva. Assim, no mesmo curso, a força da correnteza é muito variavel, e por conseguinte a acção d'agua sobre o fundo e sobre as margens é muito differente.

Se os materiaes que formam os barrancos e o fundo do canal de um curso de agua forem molles e incoherentes, basta a força das correntes para deslocal-os. No chamado « processo hydraulico » de mineração, a agua é levada para as minas em tubos de aço e debaixo de grande pressão, e arrojada de encontro á terra a minerar com tal força que o cascalho e as areias são desmoronados e transportados. Nos cursos d'agua a força da corrente frequentemente solapa os barrancos especialmente no lado externo das curvas onde a força centrifuga é maior. Tal erosão é ordinariamente activa na parte inferior do curso dos rios onde ajuda a produzir o voltear ou balanço da corrente de um lado para outro. Ella tambem leva a corrente a mudar o respectivo canal de um lado do seu valle para outro. Neste processo de erosão lateral as curvas fortes são muitas vezes cortadas e deixadas em lagoas de forma de crescente proximas ao curso original. Mompox, cidade hespanhola que ha cincoenta annos estava na margem do Rio Magdalena, na Colombia, acha-se agora distante trinta e dois kilometros daquelle rio devido á mudança do seu canal (1).

As « terras cahidas » da região amazonica são desmoronamentos causados durante a enchente pelos rios que solapam as suas ribanceiras argillosas as quaes, estando molhadas, molles e sem arrimo, escorregam para dentro dos rios arrastando as florestas que os margeam (2).

O segundo methodo de erosão, ou esfregamento pelos cursos d'agua é produzido sobre os seus canaes pelos materiaes transportados.

Os materiaes rochosos transportados mechanicamente pelos cursos

---

(1) W. L. Scruggs, *Colombian and Venezuelan Republics*, pag. 44. Boston, 1900.

(2) J. C. Branner. *The pororoca or bore of the Amazon. Science*, Nov. 78, 1884. 488-492.

d'agua são blocos, seixos, areias e barro. A agua limpa não pode por si só erodir mechanicamente rochas duras. O desgastamento mechanico das rochas duras só pode ser feito quando a corrente transporta materiaes abrasivos, ou lixadores, em uma ou outra destas formas.

Quando um curso de agua transporta pedras, ellas roçam os canaes da corrente, e batem entre si, moendo desta maneira o material transportado. O methodo de desgastar o leito rochoso de um curso d'agua consiste simplesmente em mover ou empurrar os fragmentos soltos de rocha sobre o canal rochoso. O desgastamento tem logar exactamente como acontece com um machado ou outra qualquer ferramenta quando amolada no rebolo com agua. As pedras soltas escavacam pequenos fragmentos e a agua carrega essas pequenas particulas destacadas das pedras de modo que novas superficies ficam assim constantemente expostas e constantemente escavacadas e desgastadas.

Acontece frequentemente que existem redomoinhos nas correntes onde as pedras sôltas são revolvidas em um circulo de pequeno diametro. Em taes casos o desgastamento é localizado, e uma cova lisa e redonda semelhante a um caldeirão se forma no leito do curso. Taes redomoinhos se apresentam frequentemente abaixo das cascatas e cataractas onde formam caldeirões de varias dimensões.

Debaixo da grande cataracta de Paulo Affonso existem muitos caldeirões taes. Na vasante do rio São Francisco alguns destes caldeirões ficam descobertos contendo geralmente algumas pedras desgastadas e arredondadas por terem sido roçadas uma de encontro a outra e de encontro aos lados dos caldeirões.

Estes caldeirões entretanto não são senão effeitos locaes da erosão do curso e são de somenos importancia. Um desgastamento semelhante é feito ao longo de todo o comprimento de cada curso rapido que corre sobre fundo rochoso e que carrega pedras, seixos ou areia.

Em certos lugares do interior do norte do Brasil, notavelmente na vizinhança de Quixadá no estado do Ceará, existem caldeirões nos morros de granito de origem differente daquelles acima descriptos. Esses ultimos provem da acção chimica da agua em buracos da rocha, devida a qual os mineraes da rocha se desmancham; depois as

chuvas entrando nestes buracos mexem as aguas, e os fragmentos pequenos são removidos pela agua na forma de lodo (1).

Certos caldeirões nas regiões de granitos do interior do Brasil, especialmente ao norte, nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Parahyba, Rio Grande do Norte, e Ceará, explicam-se pelo facto de que essas rochas se desmancham localmente sob a acção chimica de agua, e depois os buracos são limpos pela mão do homem para servir de poços ou reservatorios que guardem agua no tempo de seccas.

Acanaladuras. — Em conjuncção com os caldeirões nos granitos, existem certas formas singulares chamadas *acanaladuras*. Estas são regos pequenos caracteristicos de certos morros ingremes de granito, de syenito, ou de outra rocha crystallina e homogenea. Estes regos têm os fundos arredondados e correm dos morros abaixo em linhas quasi direitas. As formas parecem ser devidas ao desgastamento, mas como as aguas que elles recebem vêm de uma area muito restricta, o desgastamento pelos pedaços movidos pela agua é quasi nullo. Exemplares notaveis são aquelles da Serra Riscada perto de Quixadá no Ceará, e nas Agulhas Negras no pico de Itatiaya.

Uma parte importante da acção mechanica de uma corrente consiste na moagem dos materiaes transportados. Se o material for barro ou areia muito fina, as particulas são tão pequenas que pouco ou quasi nada affectam entre si. Pode-se verificar isso, examinando com um microscopio as particulas muito finas de areia encontradas em qualquer corrente. Taes particulas são quasi invariavelmente angulares mostrando que ellas não são desgastadas em sendo transportadas pela agua.

Isto não se verifica entretanto com os seixos ou mesmo com os grãos de areia mais grossos ou de tamanho ordinario. Nestes fragmentos maiores verifica-se pelo exame serem os seus angulos arredondados e desgastados pela fricção de encontro ao leito da corrente e d'um contra outro.

---

(1) J. C. Branner. *Fluted and pitted granites in tropical countries. Proc. Am. Phil. Soc. Philadelphia*, 1913.

Este arredondamento dos fragmentos das rochas é uma das partes mais caracteristicas do trabalho geologico feito pelas correntes (e pelas ondas).

Todas as pedras tiradas d'uma corrente rapida se acham mais ou menos gastas pela agua, e vai sem dizer que quanto mais tempo um bloco ou seixo é carregado por uma corrente tanto mais será desgastado e reduzido em tamanho. E' tambem evidente que quando as aguas carregam conjunctamente desta maneira fragmentos de rochas molles e duras as primeiras serão desgastadas mais rapidamente, e serão as primeiras a serem destruidas, emquanto que as mais duras serão as ultimas a serem desgastadas.

Este processo é bem illustrado nas regiões diamantiferas do Brasil onde os diamantes são encontrados nos canaes dos cursos de agua actuaes ou antigos. Os diamantes derivaram-se originariamante das rochas duras da região na qual elles se encontram, porém devido ao desgastamento pelo tempo e pela decomposição destas rochas, os diamantes ficaram livres e foram transportados pelas aguas do mesmo modo que um seixo qualquer. Devido a sua maior dureza os diamantes resistiram ao desgastamento emquanto a maioria das outras pedras foram desgastadas, sendo carregadas pela agua as particulas finas destruidas. Encontram-se usualmente com os diamantes pequenos seixos arredondados muito duros e lisos, commummente conhecidos entre os mineiros por « formação » « feijão », « favas », etc. Estes seixos occorrem com os diamantes porque elles são bastante duros para resistir ao desgastamento dos rapidos cursos dos districtos diamantinos.

A existencia de muitas formas singulares entre os seixos desgastados pela agua dá logar frequentemente a duvidas em relação á sua origem. Estas formas peculiares são geralmente devidas as formas originaes dos fragmentos rochosos dos quaes os seixos originaram-se. Algumas vezes acontece que se encontra juntos muitos seixos achatados ou compridos e delgados. Isso acontece porque os fragmentos das rochas das quaes elles foram originariamente feitos eram chatos, ou os seixos são delgados porque eram delgados os fragmentos originaes.

Julgou-se, ha tempos, que a producção de seixos chatos era devida á acção das ondas brandas dos lagos. Esta theoria da sua origem é insustentavel, pois que verifica-se pela experiencia que um bloco de pedra redondo ou cubico collocado ao alcance das ondas brandas de um lago não é resvalado para cima e para baixo sobre a praia e dessa maneira desgastado até tornar-se chato ; mas, que ou não é movido, ou é revolvido de modo a ficar arredondado e não chato.

Formas peculiares de seixos são ás vezes produzidas tambem pelo desgastamento de fragmentos de rochas de durezas deseguaes. Um bloco cubico rolado em uma corrente será desgastado até tornar-se um seixo chato se acontecer conter uma camada ou banda de rocha mais dura encerrada entre outras mais molles, mas bloco cubico de rocha homogenea tornar-se-hia seixo redondo.

Já foi provado que os pequenos grãos de areia não são arredondados e desgastados, porém sim angulares. Porèm em qualquer parte onde os grãos de areia são bastante pesados para serem *rolados ao longo do fundo* de uma corrente em lugar de estarem *suspensos nella* são arredondados como os outros seixos.

Transportes por cursos d'agua. — As aguas da maioria de nossos maiores cursos não são claras, mas visivelmente lodosas, especialmente durante a estação chuvosa. Esta côr lodosa é dada á agua pelas particulas miudamente divididas de materia mineral transportada em suspensão mechanica. Isto póde ser promptamente demonstrado enchendo-se um copo com agua e deixando a materia mineral assentar no fundo. No caso de não clarear depois de algumas horas de repouso, o processo póde ser apressado ajuntando um pouco de acido, alcali, sal commum ou pedra hume á agua, ou pela ebullição.

A priori é evidente que se os fragmentos rochosos são transportados pelas correntes, as correntes mais fortes devem ser capazes de mover fragmentos mais pesados do que as fracas; em outras palavras deve haver relações definidas entre a corrente e o que ella póde transportar. A lei desta variação no poder de transporte de uma corrente é expressa pela formula mathematica F. αV^6; ou o poder de transporte

varia com a sexta potencia da velocidade. Augmentando a velocidade dez vezes augmenta o poder de transporte um milhão de vezes.

Isto é, dobrando a velocidade do curso, o curso pode mover um bloco de 64 vezes o tamanho original. A velocidade dobrada, dobra a força, e dobra tambem a quantidade de agua que bate uma certa área; isto é, a força é sufficiente para empurrar quatro blocos com a força que se applica a uma face.

Observações directas têm mostrado que as correntes seguintes são requeridas para mover fragmentos rochosos dos tamanhos aqui mencionados. Deve lembrar-se ao mesmo tempo que essas observações só se referem aos cursos grandes d'agua.

Para mover	Marcha requerida para a corrente
Barro.	8 centimetros por segundo.
Areia miuda	15 — —
Seixos do tamanho de uma ervilha . .	30 — —
Seixos de 25 millimetros em diametro.	68 — —
Blocos pesando cinco toneladas	4,5 metros por segundo.
Blocos de 320 toneladas.	9,15 metros por segundo.

Se pois imaginarmos pedras de todos estes differentes tamanhos arremessadas n'uma corrente, é evidente que ella separará os materiaes carregando para frente os pequenos fragmentos e deixando atraz os que são demasiado pesados para serem por ella movidos.

Ora, se, como geralmente acontece na natureza, temos uma corrente que é veloz em algumas partes do seu curso e menos rapida em outras partes, deve acontecer que os fragmentos rochosos são facilmente movidos ao longo de algumas partes dos seus canaes, porém pouco movidos em outras, e deixados ir para o fundo sem transporte algum em ainda outros logares. Dahi resulta o sortimento dos materiaes transportados em cada corrente, e a disposição dos materiaes mais gráudo em um lugar, do mais miudo em um outro, e de ainda mais miudo em ainda outro. Segue-se tambem que as correntes que variam em volume, variam no seu poder de mover os materiaes ao longo dos seus canaes. Este aspecto da acção da corrente é de especial interesse e importancia no Brasil onde as chuvas são muito mais fre-

quentes durante certos mezes do anno, o « tempo de chuva », ou ainda o « tempo das aguas » ; e quasi inteiramente ausentes durante outros mezes, « tempo de sol », ou ainda o « tempo da secca. » Isto produz a concentração das chuvas e a alternação de enchentes e vasantes dos rios n'aquellas regiões onde as estações do anno estão em grande contraste.

No interior dos estados do norte, Bahia, Pernambuco, Parahyba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauhy as correntes que são bastante grandes e capazes de ser navegadas por um navio do oceano durante parte do anno são frequentemente reduzidas a uma serie de poços, ou desapparecem completamente nos fins da estação secca (1).

Esta concentração da chuva e as consequentes enchentes torna possivel a uma dada quantidade de agua effectuar enormemente mais desgastamento e transporte do que faria se fosse mais egualmente distribuida por todo o anno.

A quantidade do material transportado por um curso d'agua. — A proporção em que as superficies terrestres são removidas e transportadas para o mar pode ser determinada achando-se a porção de material mineral transportado pelos cursos de agua. Isto se faz medindo a descarga ou fluxo da corrente de uma bacia hydrographica dada.

Todo o material transportado atravez da sahida de uma bacia deve necessariamente ser derivado da bacia, ainda que naturalmente a maioria d'elle venha de certas partes da sua area e muito pouco de certas outras partes.

As observações sobre uma corrente feitas para determinar a proporção da erosão consistem em medir a descarga ou fluxo d'agua diaria u mesmo mais frequentemente por um longo periodo — diga-se um anno ou mais. São tomadas amostras da agua por occasião das medições : estas amostras devem vir de muitos pontos ; sobre a superficie da corrente, perto das margens, no meio, etc. Devem tambem ser tomadas em differentes profundidades. Estas amostras devem ser cuidadosamente medidas e a quantidade da materia

(1) J. C. Branner. *Decomposition of rocks in Brasil. Bulletin Geological Society America*, VII, pags. 309-312.

mineral nellas deve ser determinada, filtrando-se a agua até ficar perfeitamente clara e pesando-se o papel do filtro usado, tanto antes como depois da filtração. Os dados assim obtidos fornecem os meios de determinar a quantidade da agua e a da materia mineral mechanicamente retirada da bacia hydrographica pelo curso.

Muitas observações são necessarias porque a quantidade da materia transportada varia em differentes partes da corrente, em differentes profundidades e em differentes estados da agua.

Deve-se notar que nenhuma menção é aqui feita da materia mineral removida *em solução* nas correntes. Esta parte do assumpto será depois tratada, pois que o material removido em solução é tão importante como o transportado em suspensão.

A quantidade de materia mineral transportada por uma corrente lodosa é tão grande que se torna quasi incrivel. Observações feitas sobre o rio Arkansas durante o anno de 1887-1888 mostraram que na força da enchente a porção de materia mechanicamente transportada foi 122,06 milligrammas por litro d'agua. A descarga total do lodo durante um mez de vasante foi de 14.922.000 kilos; na enchente foi de 5.634.000.000 kilos; o total para o anno foi 19.435.000.000 kilos.

A razão em que a erosão mechanica das correntes é effectuada depende de diversos factores, como se segue:

I. *Do volume da agua.* — Pequenas correntes não podem transportar muito.

2.° *Do declive do terreno.* — E' o declive do terreno que determina a velocidade das correntes, e dessa velocidade depende em grande parte o poder de transporte da corrente.

3.° *Do caracter das rochas.* — As rochas duras resistem melhor a acção erosiva dos cursos d'agua; emquanto as molles são desgastadas mais rapidamente.

4.° *Qualidade e quantidade de detritos.* — Deve-se notar que se as rochas se desfazem mais rapidamente do que as correntes podem

---

(1) J. C. Branner. *Erosion in the hydrographic basin of the Arkansas river above Little Rock. Ann. Rep Geol. Sur. Ark. for 1891*, vol. II, 153-166, Little Rock, 1894.

remover os materiaes desbastados, as correntes ficam sobrecarregadas — não podem transportar a carga nellas lançadas. Assim os canaes ficam entulhados com os fragmentos das rochas.

5.° *Das condições climatericas.* — A concentração das chuvas em alguns mezes do anno faz as correntes largas e poderosas por algum tempo e assim as torna capazes de cortar mais rapidamente do que se as chuvas fossem egualmente distribuidas por todo o anno.

Os resultados da erosão podem ser considerados como *locaes* e *geraes*.

Vê-se os *resultados locaes* na excavação de desbarrancados ou *vosorócas*, barrocas e valles. O corte de seus canaes pelos pequenos regatos prosegue sob as nossas vistas; e as barrocas das montanhas e os *cañons* dos rios não são senão canaes maiores, sendo o processo da sua excavação exactamente o mesmo como no caso dos pequenos regatos. O *cañon* do Rio Colorado na America do Norte é o maior canal em forma de calha no mundo tendo algumas centenas de kilometros de largura e de seiscentos a mil e oitocentos metros de profundidade.

O canal do rio S. Francisco immediatamente abaixo das cachoeiras de Paulo Affonso é tão estreito e de ribanceiras tão ingremes que forma um verdadeiro cañon e não é navegavel. Abaixo de Piranhas o canal cortado pela corrente é muito mais largo e é navegavel, porém tem ainda ribanceiras ingremes, como se vê nas figuras, ns. 14 e 15.

Quasi todos os valles são em grande parte, resultados da acção erosiva da agua. Porem embora sejam modificados pelas correntes, os valles podem originar-se de (1) falhas ou deslocamentos; (2) synclinos ou dobramentos das camadas; (3) ha tambem valles entre montanhas de origem eruptiva. Esses serão tratados mais adiante.

Origem das caxoeiras. — Caxoeiras são geralmente resultados locaes de erosão, e necessariamente acham-se nos cursos d'agua. São causadas:

I. — Por uma camada de rocha mais resistente em cima de camadas de menos resistencia. Neste caso a camada resistente dá origem a ella ou ao alto do qual a agua se precipita. A caxoeira de Niagara é deste typo. Ali uma camada de pedra calcarea apresenta uma mesa

angular donde a agua cahe. As camadas em baixo se desfazem mais rapidamente do que a de pedra calcarea superior, e como as camadas são todas horizontaes, a forma da caxoeira não varia muito, embora mova-se rio acima numa marcha de um metro e meio por anno.

II. — Formadas por um escarpado relativamente recente em cursos d'agua. Taes escarpados ou quebrados podem ter diversas origens.

1.° No littoral onde a acção das vagas é mais rapida do que a acção de desgastamento pelos cursos d'agua. Por esta razão os rios cahem directamente no mar passando por cima de caxoeiras.

2.° De um ou de outro lado de cursos d'agua, onde o curso principal corta mais rapidamente do que os cursos lateraes. Por esta razão as caxoeiras apparecem dos lados do valle principal apresentando a forma de *valles suspensos*.

3.° No lado superior de falhas que atravessam cursos d'agua.

O *resultado geral* da erosão e denudação é rebaixar a superficie

Fig. 14. — O canal de margens ingremes do rio S. Francisco, olhando do Pão de Assucar, rio acima. (*Hartt.*)

da terra. Este processo prosegue sobre a terra inteira, porém mais rapidamente em alguns lugares do que em outros. Cada pedacinho da terra que se ergue acima do nivel do mar está sendo atacado pelos agentes de decomposição e erosão e está sendo transportado pelas correntes para os mares e os oceanos. A topographia actual da terra pouco

ou quasi nada revela de sua forma original; e sómente aqui e acolá ella suggestiona alguma cousa de sua forma antiga.

Fig. 15. — O rio S. Francisco, olhando do Pão de Assucar, rio abaixo (*Hartt.*)

Erosão em relação á agricultura. — Em lugares montanhosos e terrenos ingremes, a erosão está sempre carregando o solo, de maneira que a agricultura fica muita prejudicada por este processo natural. Tal perda pode evitar-se muitas vezes por meio de plantações, ou de regos para levar as aguas superficiaes aos cursos convenientes.

Deposição. — A deposição do material carregado pelos cursos de agua tem lugar de accordo com as leis de transporte. Se os cursos tivessem em toda parte uma velocidade uniforme não haveria deposição dos materiaes transportados.

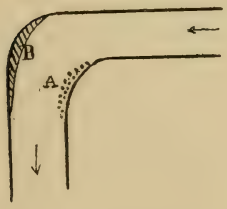


Fig. 16. — Plano da volta de uma corrente mostrando os pontos de corte (B) e de deposição (A).

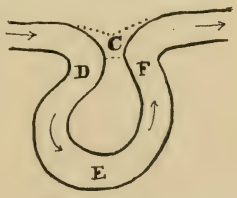


Fig. 17. — Plano da volta de uma corrente mostrando como ella pode abrir caminho atravez de C, e abandonar o caminho em E.

Porém quando um curso carregado tem a sua carreira estorvada, o seu poder de transporte é diminuido, sendo depositado o excesso de sua carga. Em todos os cursos tortuosos os sedimentos são depositados na forma de bancos de areia no lado interno das curvas. Isto é devido ao facto que é sempre do

lado interno das curvas que a correnteza fica reduzida e diminuido o poder de transporte do curso.

Em um curso tendo uma volta semelhante á representada na fig. 16, é evidente que em fazendo a volta a correnteza será mais rapida em B e que será reduzida em A. Como resultado a corrente conservará o seu canal aberto em B emquanto um banco de areia formar-se-ha em A. Em cursos muito tortuosos o solapamento das ribanceiras faz frequentemente com que a agua as rompa no ponto C (Fig. 17). Isto faz com que o canal antigo D, E e F seja abandonado e a deposição de sedimentos em D e F, pela reducção da correnteza naquelles pontos, eventualmente separe o canal abandonado deixando ao lado do rio um lago em forma de crescente

Taes mudanças dos leitos dos rios e as lagoas de forma de crescente, ou ferradura, são caracteristicas de rios tortuosos e vagarosos, como acontece em certas partes do rio Paraguay.

Casos especiaes de deposição pelos cursos d'agua — Não obstante toda deposição ter logar de accordo com a simples lei de transporte, existem muitos casos interessantes, alguns dos quaes serão mencionados neste logar.

Deposição sobre varzeas. — A varzea, ou planicie de inundação, de um curso d'agua é aquella parte do seu valle que se cobre com agua durante as suas enchentes. Estas varzeas são geralmente mais ou menos planas. Quando o rio transborda, as aguas carregadas de lodo encobrem a varzea, e a corrente sendo diminuida deixa affundar-se o material suspenso. Desta maneira o solo da varzea inteira fica augmentado e melhorado.

Origem de atterrados naturaes. — Quando a agua de um rio transborda, logo que sahe do canal, ha uma reducção na correnteza de modo que a parte que escapa, ficando sobre-carregada, deixa grande parte da sua carga de sedimento proxima ao canal principal. Acontecendo que a varzea inteira fique inundada, continuando o rio a voltear pelo seu curso antigo, a corrente em muitos lugares esbarra com as aguas mortas da varzea inundada fazendo uma reducção na

correnteza que produz o deposito de uma parte da sua carga de sedimentos. A sua corrente é obstruida, e uma parte de sua carga de areia e lama é depositada, fazendo assim barrancos mais altos do que a varzea distante da corrente. Estas ribanceiras são chamadas diques naturaes, aterrados ou *levées* naturaes. Quando as aguas lodosas de uma enchente estendem-se sobre uma varzea larga não ha senão

Fig. 18. — Vista da varzea ou planicie de inundação do Amazonas, de Monte Alegre, Estado do Pará (Champney).

pouca correnteza nas aguas da enchente e como um resultado disso os sedimentos são depositados em toda parte onde as aguas descançam por algum tempo. O lodo assim depositado forma os solos alluviaes ferteis que se apresentam na maioria dos valles.

A formação das barras. — As barras são bancos ou corôas de areia ou de outros sedimentos trazidos pelos cursos d'agua e depositados nas suas boccas e nas boccas dos estuarios. Quando um curso desagua no oceano formam-se geralmente duas especies de barras. Uma é formada onde as aguas do curso se encontram com as aguas do

oceano, e a outra se forma, rio acima, onde as aguas da corrente têm o seu primeiro encontro com as aguas paradas da maré alta.

E' uma particularidade de muitas barras o facto de não serem fixas, antes mudam-se de lugar dentro de certos limites. Isto é devido á incoherencia dos materiaes de que ellas se formam e á variação das forças que actuam sobre elles, taes como a fôrça da correnteza do rio, fôrça das ondas do oceano, mudanças nas correntezas do mar.

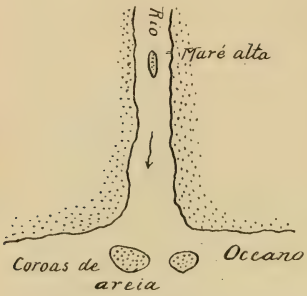


Fig. 19. — Barras na bocca de um estuario, e rio acima.

O rio S. Francisco tem um semi-circulo de bancos ou corôas de areia na sua bocca formando a sua barra. Esses bancos se formam dos sedimentos trazidos pelo rio e deixados no Oceano Atlantico em frente da foz do rio. Quando o S. Francisco está cheio o volume d'agua doce, descommunalmente grande, arrasta as areias dos bancos mar a fóra; porém na vasante do rio, e especialmente quando os ventos sopram do oceano para a terra, as ondas fazem retroceder as aguas do rio de maneira que o sedimento é depositado junto da costa e a barra é assim empurrada para a terra. Quando as correntes oceanicas movem-se fortemente costa abaixo os bancos são mudados daquella direcção.

Os bancos na bocca do rio Cotinguiba perto de Aracajú são sujeitos a mudanças constantes.

Tem acontecido que navios entrando do alto mar naquelle porto ficaram presos ahi por mezes por causa da mudança das areias da barra que não os deixaram sahir. Posteriormente ás mudanças dos ventos as barras mudaram-se e os navios puderam sahir.

« O isthmo de Olinda é o resultado da accumulação das areias (1)

(1) M. de Barros Barreto. *Memoria sobre o melhoramento do porto de Pernambuco*, pag. 8. Recife, 1865.

que as ondas arremessam sobre a costa, formando assim um dique natural ».

O porto do Rio Grande do Sul tem sido por longo tempo uma fonte de grande despeza para o governo brasileiro por causa dos bancos movediços de areia na entrada da Lagòa dos Patos, que constituem a sua barra.

Em resumo : — a mudança das barras póde ser devida a uma ou mais das seguintes causas :

I. — A descarga variavel do curso em cuja bocca ellas são formadas.

II. — As tempestades e as ondas no mar do lado de fôra.

III. — Qualquer variação nas correntes marinhas proximas ás barras.

Cursos d'agua sobrecarregados. — Quando um curso d'agua recebe mais sedimento do que elle póde transportar e por isso fica incapaz de conservar o seu canal aberto diz-se estar *sobrecarregado*. As partes de qualquer curso que estão fazendo depositos podem ser consideradas sobrecarregadas. Os cursos sobrecarregados não cortam canaes, porém enchem quaesquer canaes que houverem tido. Estão constantemente represando os seus proprios cursos e procurando novos; isto faz com que elles espalhem o material transportado em largas camadas planas. Quando os cursos sobrecarregados emergem dos morros ou montanhas sobre planicies abertas, elles depositam a sua carga na fórma de um leque ou cone alluvial.

Taes leques são especialmente abundantes ao longo dos flancos orientaes dos Andes onde os cursos sobrecarregados emergem dos canaes ingremes dos valles montanhosos sobre o plano mais suave das planicies da Patagonia e da Republica Argentina.

III. — Os agentes aquosos mechanicos nos lagos.

Os agentes mechanicos portam-se essencialmente da mesma maneira quer nos lagos quer em outras massas d'agua. Ha entretanto uma differença importante : quando o sedimento é transportado para os

lagos de agua doce os materiaes graudos afundam-se mais rapidamente, e as particulas miudas menos rapidamente do que fariam n'agua salgada. (Vède a parte sob o titulo Floculação.)

Deltas. — Os lagos usualmente offerecem condições altamente favoraveis para a formação de deltas. E isto acontece porque actuam como poços de descanço ou reservatorios para os cursos que nelles desaguam.

No canal do velho aqueducto construido ao longo das encostas do Corcovado no Rio de Janeiro existem aqui e acolá caixas ou covas mais profundas e mais largas do que o resto do canal. A agua entra de um

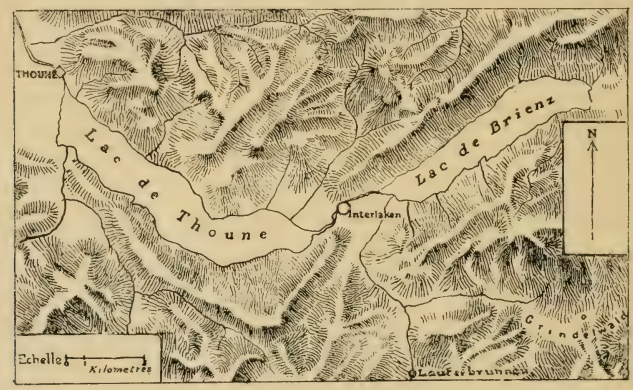


Fig. 20. — Mappa mostrando o lago Thoune e o lago Brienz, separados em dois por um delta em Interlaken.

lado, enche a cova e transborda no lado opposto para o canal de tamanho usual. Quando um seixo ou pedra cahe em qualquer ponto do canal, a corrente o transporta até alcançar uma destas covas, onde por falta de corrente ella vai para o fundo e ali fica. Com este simples artificio a agua conserva-se limpa, e todos os fragmentos de rochas são impedidos de chegarem ao reservatorio principal. Os lagos naturaes servem para reservatorios de repouso de uma maneira semelhante. Centenas de cursos lodosos correm para os grandes lagos na America

do Norte, porém o lodo e areia (os fragmentos de rochas) assenta no fundo dos lagos e a agua transborda clara no rio S. Lourenço. As aguas do rio Rhodano quando entram no lago de Genebra são excessivamente lodosas, porém o lodo vai para o fundo na extremidade superior do lago, formando um delta, emquanto o Rhodano sahe em Genebra limpido. No tempo dos Romanos o Rhodano desaguava no lago de Genebra em Port Valais; mas pela formação do delta, Port Valais acha-se actualmente a mais que tres kilometros distante do lago. A cidade de Interlaken na Suissa está construida sobre um delta alli feito pelas aguas lodosas do Lauterbrunnen. O lago Thoune e o lago Brienz de ambos os lados da cidade de Interlaken formavam primitivamente um unico lago, porém foi separado em dois pelo delta sobre o qual fica Interlaken.

Em geral os deltas formados nos lagos mais cedo ou mais tarde aterra-os e os destroe. O delta do Rhodano no lago de Genebra deve necessariamente estender-se gradualmente lago abaixo. O lago Brienz em tempo ficará cheio pelo lodo trazido pelas aguas do Aar superior o qual será então descarregado directamente no lago Thoune e o ultimo principiará então a encher-se.

Em todos os casos, é notavel que o lago principie a aterrar-se na parte superior onde entram os rios, porque é ali que a correnteza das aguas fica impedida e por isso os sedimentos se depositam.

IV. — Agentes aquosos mechanicos nos mares e oceanos.

Os oceanos são mais profundos do que as montanhas são altas. O Oceano Atlantico apresenta profundidades de tres a seis mil metros e o Oceano Pacifico tem uma profundidade maxima de oito mil trezentos e setenta metros.

Por outro lado sabemos que as alturas dos altos picos da grande cordilheira que borda a costa occidental da America são as seguintes :

Monte Santo Elias em Alaska	5,548	metros
Monte Whitney na California	4,543	»
Orizaba no Mexico	5,585	»
Illimani na Bolivia	6,771	»
Aconcagua na Republica Argentina	7,039	»

Em geral as aguas do oceano diminuem em temperatura com o augmento de profundidade.

As seguintes são as temperaturas do Atlantico registradas ao largo da costa do Brasil a 3° 30' ao sul do Equador.

Superficie		25.5°	C	750	metros	3.9°	C.
82	metros	20°	»	2,013	»	3°	»
110	»	15°	»	2,745	»	2.5°	»
293	»	10°	»	3,660	»	0.9°	»
585	»	5°	»	4,026	»	0.6°	»

Como a temperatura de 0° é a do gelo deve-se notar que mesmo debaixo dos tropicos a agua no oceano profundo está tão fria que fica perto do ponto de gelo. Em muitos logares a temperatura está realmente abaixo do ponto de gelo e a congelação deixa de ter lugar tão sómente em virtude da grande pressão da camada d'agua superior e da natureza dos mineraes dissolvidos n'agua.

Correntezas do oceano. — As aguas do oceano estão por toda parte em movimento, porém movem-se em cursos ou correntes que são mais ou menos fixas. Algumas destas correntes movem-se com uma marcha de 6. 4 kilometros por hora, porém a maioria dellas movem-se menos rapidamente.

As correntes oceanicas são causadas em parte pela rotação da terra sobre seu eixo combinada com a inercia das aguas oceanicas; em parte pelo retardamento da atmosphera devido semelhantemente á rotação e á inercia, e ainda em parte por causa da convecção ou movimento interno das aguas, movimento este devido as differentes temperaturas dentro das proprias aguas.

Alguns imaginam que a salinidade ou densidade das aguas do oceano influe nas correntes; porem embora a evaporação augmente a salinidade das aguas, e por conseguinte a densidade, isto acontece pela maior parte nas regiões quentes, e a temperatura elevada deve, ao mesmo tempo, influir em sentido opposto. Tambem o augmento notavel da salinidade só acontece dentro de uns poucos de lugares fechados como no mar Mediterranico e no mar Vermelho.

Effeitos das correntes. — As correntes oceanicas produzem effeitos notaveis e importantes sobre os climas do globo e sobre a distribuição da vida na terra. As aguas quentes que correm para o norte, vindas do Golfo do Mexico, transportam o calor dos tropicos para o Atlantico Norte. Por esta causa as condições sob as quaes a vida do mar quente pode existir são transportadas para a zona temperada do norte tornando possivel o crescimento dos recifes de coral e a deposição de outros restos de organismos tropicaes muito mais longe ao norte do que podiam existir sem a intervenção desta causa.

Por exemplo as ilhas de Bermuda são de coral, e a vida oceanica naquella vizinhança é caracteristica antes da zona tropical do que da temperada em que actualmente fica o lugar (32° norte).

AS MARÉS.

As marés são fluctuações periodicas do nivel d'agua nos mares e oceanos, e são causadas pela attracção do sol e da lua que actua sobre a agua que cobre o globo. Quando o sol e a lua actuam em commum causam as grandes marés conhecidas pelo nome de « aguas vivas »; quando actuam em sentido opposto, contrariando-se mutuamente, as fluctuações do nivel d'agua são muito pequenas e são chamadas « aguas mortas. »

Em pleno oceano as marés têm um jogo vertical de cerca de um metro; nas costas a altura das marés depende grandemente da configuração da costa. Existem marés excepcionalmente altas em Chepstow perto de Bristol na Inglaterra (16. 1 metros) e na Bahia de Fundy, Nova Escossia (21.3 metros).

A importancia geologica das marés é devida ao maior alcance que ellas dão á acção cortante das ondas. Na costa do Brasil as marés variam em altura de alguns centimetros até mais de dois metros. Nas Rocas, ellas variam de um e meio até tres metros; em Fernando de Noronha ellas são de cerca de 1.8 metros; no Cabo de S. Roque de 2 a 2.3 metros; no Rio Grande do Norte de 1.8 a 2.7 metros; em Pernambuco de 1.20 a 2.35 metros; em Maceió cerca de 1.7 metros; na Bahia de 1 a 2.2 metros; nos Abrolhos de 1 a 2.5 metros; no Rio de Janeiro de 0.4 a 2 metros.

Devido á dimensão e á direcção do Rio Amazonas, sente-se as marés ao longo daquella corrente a uma distancia de oitocentos até novecentos e sessenta kilometros do oceano. São quasi imperceptiveis neste rio durante os periodos de enchente e mais notaveis nos mezes de Agosto e Setembro abaixo de Obidos e no baixo Tapajós.

Acção das marés. — As marés não têm poder de erosão excepto nas aguas razas; nas passagens estreitas, entretanto, ellas tendem a conservar os canaes abertos pelo varrimento para fóra (ou para dentro) dos sedimentos que d'outra sorte por fim os encheriam. Nas costas onde as vagas atacam a terra, tambem deixam expostas á acção das aguas uma zona mais larga.

Acção mechanica dos mares e oceanos. Acção destructiva. — Acção geologica mechanica dos mares e oceanos é ou constructiva ou destructiva.

A acção destructiva consiste na erosão das rochas das costas feita pelas vagas ao longo dellas. As vagas para o presente estudo podem ser classificadas como se segue :

I. — Vagas ordinarias inclusive as vagas de tempestades.

II. — Vagas extraordinarias.

Acção destructiva de vagas communs. — Sobre qualquer costa póde se ter a prova do poder destructivo das vagas. Não se sabe certamente até que ponto abaixo da superficie d'agua as vagas são destructivas, e poucas observações parecem ter sido feitas sobre este assumpto. Entre as mais valiosas estão as feitas em Cabo Frio, sobre a costa do Brasil em 1830, pelo official incumbido das operações de mergulhamento para a recuperação de prata e ouro perdido no naufragio de uma corveta ingleza.

Aquelle navio sahiu de Rio de Janeiro com uma carga de prata e ouro em barras, e por conseguinte de alto valôr. Naufragou em Cabo Frio, e a companhia especialmente interessada na carga mandou um official incumbido de recuperar o ouro. As operações de mergulho forão muito interrompidas pelas vagas e tempestades ; depois dessas

interrupções achou-se que a força das vagas, até á profundidade de vinte e dois metros, fora bastante para quebrar as partes mais fortes da embarcação e jogar de um lado para outro caixões de um peso enorme, e pedras de peso de muitas toneladas (1).

Delesse disse que no Mediterraneo as ondas operam até a profundidade de cincoenta metros, na Mancha de quarenta metros, e no Oceano de duzentos metros (2).

Estas observações mostram que as vagas do oceano são violentamente destructivas em uma profundidade de vinte e dois metros abaixo da superficie da agua.

Acção no nivel da maré. — O poder das vagas *no nivel da maré baixa e acima* delle é mais apparente. O embate d'agua por si só, é frequentemente enorme, e quando as vagas são arremessadas contra um banco de materiaes comparativamente molles, a costa é rapidamente solapada e destruida.

Uma grande parte do poder das vagas para cortar e desgastar a terra é fornecida pelas pedras soltas das praias. Estas pedras são roladas para diante em cada vaga que avança, e para traz em cada uma que retrocede. Este movimento de vae-vem das pedras sobre a praia rola umas sobre outras, bate umas de encontro com as outras e assim desgasta os seus angulos e produz seixos redondos, exactamente semelhantes aos desgastados pelo rolamento ao longo do fundo de um rio.

Quando as ondas são violentas, estes fragmentos de rochas são arremessados com força de encontro á costa. As vagas são frequentemente bastante poderosas para arremessar sobre e de encontro ás costas, blocos de rocha pesando até cinco toneladas. Estas vagas violentas actuam com grande vigor não sómente sobre a parte da costa de encontro a qual a força principal da agua é dirigida, porém arremessam borrifos até grandes alturas, atacando as rochas chimicamente,

---

(1) *Narrative of the... recovery of the... treasure sunk in H. M. S. " Thetis " at Cape Frio, Brazil.* By Captain Thomas Dickinson, pags. 38, 47, 48, 58, 139, 149, 150. London, 1836.

(2) M. Dellesse. *Lithologie du fond des mers*, 110-111, Paris, 1871.

desprendendo o solo e fragmentos de rocha soltos e assim conservando as rochas das costas bem expostas ás influencias da decomposição. Uma idéa da distancia na qual é algumas vezes arremessada a agua póde ser tida do facto que ao norte da Escossia a janella de um pharol foi quebrada por ondas jogadas 91.5 metros acima do nivel da maré. No Rio de Janeiro quando os ventos sopram violentamente de sueste, as ondas algumas vezes entram na barra com tal força que são arremessadas completamente por cima da fortaleza da Ilha da Lage, e veem quebrar-se com força nas praias de Flemengo e Botafogo.

Na Ilha Rasa, do grupo de Fernando de Noronha, a arrebentação frequentemente é de tal força, que os borrifos são levados atravez da ilha e as rochas superficiaes são tão corroidas pela agua do mar que são deixadas com pontas adentadas de alguns centimetros a um metro de altura e sobre as quaes é quasi impossivel caminhar.

Resultados da acção destructiva. — O resultado total do trabalho destructivo ordinario das vagas sobre uma costa é solapal-a e assim permanecer em um ataque constante contra a terra. Por esta razão as nossas costas são sempre abruptas naquelles pontos onde as ondas estão fazendo o trabalho destructivo.

Devido a rapidez com que ellas estão sendo cortadas as ilhas de Fernando de Noronha e Trindade, têm quasi em todo o derredor dellas encostas altas e ingremes ou costões de desembarque muito difficil.

Por outro lado uma face abrupta nas costas testemunha a invasão do mar, terra a dentro, n'aquelle ponto, Fernando de Noronha e Trindade foram anteriormente muito mais extensas do que são agora, porém as suas margens têm sido desmoronadas pelas ondas e o seu material carregado pelas correntes, e depositado no fundo do oceano na vizinhança destas ilhas.

Quando as ondas batem num só lado de uma ilha este lado fica mais ingreme que os outros. As ilhas dos Abrolhos, por exemplo, são collocadas de tal maneira que as ondas são mais fortes no lado sul, e que por conseguinte são abruptas naquelle lado. Quer dizer que as ondas mais fortes vêm do sul, e atacam as ilhas principalmente daquelle lado (pag. 225).

Deve-se notar que o solapamento na praia propria é capaz de produzir effeitos em toda a altitude dos barrancos superiores.

O trabalho das ondas das marés. — As ondas produzidas pelas marés são, como os outros phenomenos das marés, de occurrencia periodica. Um dos phenomenos mais notaveis das marés é a pororóca ou a onda da maré que se fórma dentro ou perto da bocca do rio Araguary na foz septentrional do rio Amazonas. Estas ondas são especialmente violentas no tempo das aguas vivas. Elevam-se á altura de 3 a 6 metros, e arrebentam-se sobre as costas desde perto do Cabo do Norte até perto de Macapá, na distancia de cerca de cento e sessenta kilometros (1).

Não existem rochas duras ao longo das costas sobre as quaes a pororóca do Amazonas arrebenta, porém estas gigantescas ondas arrancam as florestas pelas raizes e carregam as arvores como se fossem palha, escavam a terra até grandes profundidades e transportam os materiaes para longe formando novas ilhas e entulhando os velhos canaes.

Ondas de marés semelhantes, porém menos violentas, occorrem no Rio Guamá, Capim e Mojú perto do Pará e no rio Mearim, no Maranhão. Em diversos outros lugares do mundo phenomenos semelhantes occorrem notavelmente sobre o Ganges, na India, sobre o Garonne em França, sobre o Wye, Severn e Trent, na Inglaterra, e na bocca do rio Colorado, no Golpho da California

A explicação da pororóca do rio Amazonas é que quando as aguas vivas ou marés de sizygia, movendo-se do Oceano Atlantico profundo e vasto, approximam-se das aguas razas da bocca norte do Amazonas, o movimento livre da onda da maré fica abruptamente perturbado e a onda tropeça sobre os baixos e é forçada a arrebentar justamente como todas as ondas fazem quando chegam nas aguas razas perto da costa.

---

(1) J. C. Branner. *The pororóca or bore of the Amazon*. Science. Nov. 28, 1884. Vol. IV, pags. 488-492.

Vagas extraordinarias. — Vagas de natureza differente são occasionalmente produzidas pelos terremotos ou outros movimentos submarinhos ou terrestres. Estas grandes ondas chamam-se frequentemente *tidal waves* (ondas da maré) porém de maneira alguma são da maré, mas antes são ondas catastrophicas ou extraordinarias. As ondas catastrophicas são frequentemente muito perigosas para a vida e propriedade e tambem destruidoras das costas sobre as quaes ellas arrebentam. Por occasião do terremoto de Lisboa em 1755 houve uma grande perda de vidas (40,000 almas) não causada pelo terremoto propriamente dito, ou pela queda de edificios derribados por este, porém devido a uma enorme vaga que entrou pelo rio Tejo a dentro, inundando e derrocando os cáes sobre os quaes grande parte do povo da cidade refugiou-se.

A 15 de Junho de 1896 a costa oriental do Japão foi batida por uma grande vaga catastrophica de 3 a 7 metros de altura e de 280 kilometros de extensão. Em menos de dous minutos, vastas quantidades de solo e rochas foram arrancadas das costas, cujo contorno foi muito alterado, 26,975 pessoas foram mortas, 5,390 outras foram feridas, 9,313 casas foram derrubadas e propriedades destruidas no valor de 3,000,000 dollars.

Não é bem sabido como se produzem estas vagas extraordinarias. Uma suggestão é offerecida pelo facto que por occasião da erupção do Krakatôa em 1883, uma massa de rocha igual a cinco mil seiscentos e sessenta e tres milhões (5,663,000,000) de metros cubicos cahiu no mar, causando ondas gigantescas.

Quando estas vagas alcançaram as costas de Java, cincoenta e tres kilometros distantes, ellas eram desde quinze até quarenta e um metros de altura, emquanto os mareographos eram affectados em toda a parte do mundo.

Concebe-se facilmente que qualquer elevação ou a depressão repentina de uma extensa area do fundo do oceano seja perfeitamente capaz de produzir estas vagas extraordinarias.

O poder destructivo das vagas. — O poder destructivo das vagas depende dos factores seguintes:

I. — *Da direcção dos ventos, especialmente durante ventos rijos e tempestades.* As ondas feitas pelos ventos que sopram da terra para o oceano não atacam violentamente a terra de onde o vento sopra. A arrebentação é mais alta na costa fóra da barra do Rio de Janeiro quando

Fig. 21. — Vagalhões arrebentando contra as muralhas da avenida Beiramar no Rio de Janeiro no dia 7 de Março de 1913, Dr. H. Morize.

ventos fortes sopram durante alguns dias do quadrante de sueste, isto é, do mar para a terra.

No Rio de Janeiro a 7 e 8 de Março do anno 1913, depois de dois ou tres dias de ventos frescos de sueste e justamente na occasião quando as marés foram as maiores do anno, os vagalhões provenientes do máo tempo havido em alto mar, penetravam pela barra dentro e vinham arrebentar contra as muralhas da Avenida Beiramar com tanta força que foram quebradas em diversos pontos na distancia de mais de um

kilometro (1). As ruas adjacentes da cidade ficaram inundadas, e muitos residentes foram impedidos de sahir de suas residencias pelo espaço de um dia inteiro.

II. — *Da exposição ou direcção da costa com referencia aos ventos reinantes das tempesdades.* Isto é um corolario do que foi dito no paragrapho precedente.

III. — *Da estructura da costa.* A posição dos planos de estratifi-

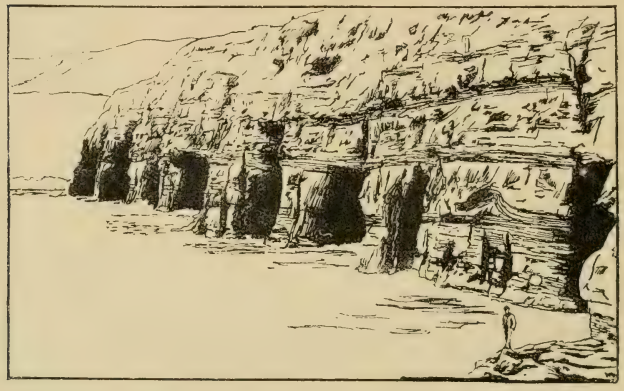


Fig. 22. — Cavernas perto de San Diego, California, cortadas pelas vagas em uma camada molle de arenito.

cação das rochas frequentemente determina se são ou não especialmente destructivas as vagas. Algumas vezes as camadas das rochas inclinam-se suavemente para o mar, caso em que as vagas que batem de encontro a ellas escorregam para cima e para baixo da rampa sem ser capaz de atacar efficazmente a costa. Este facto é utilizado pelos engenheiros hydraulicos que dão a certos quebra-mares uma boa inclinação na direcção das vagas afim de que a força da agua não possa atacar o muro.

IV. — *Do caracter das rochas da costa, a qual concorre material-*

(1) Dados gentilmente fornecidos por Dr. H. Morize, director do Observatorio Nacional.

mente para determinar o poder destructivo das vagas. Acontece muitas vezes que camadas de rochas duras e molles se apresentam alternadamente sobre a costa do mar. Em taes casos as camadas molles são desgastadas pelas vagas mais rapidamente do que as duras que são deixadas em uma serie de recifes. Algumas vezes as camadas molles são desgastadas de maneira a deixar cavernas razas e arcos sobre a costa. A figura junta (n. 22) mostra as cavernas cortadas perto de San

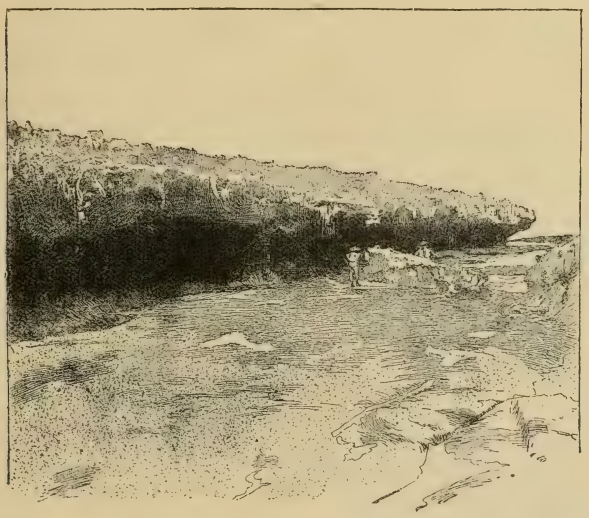


Fig. 23. — A extremidade da Ilha Raza, cortada pelas vagas, Fernando de Noronha. Vista tirada com maré baixa.

Diego, California, em uma camada molle subjacente a outra mais dura.

V. — *Da profundidade d'agua, mar a fóra,* a qual influe muito sobre o poder destructivo das vagas. Quando a agua é profunda junto á costa as grandes vagas quebram-se sobre ella com grande violencia. Se a agua é raza, mar a fóra, as vagas quebram-se em arrebentações antes de chegarem á costa e perdem assim uma grande parte de seu poder de cortar e de desgastar.

Formas das costas produzidas pelas vagas.

As fórmas das costas produzidas pelas vagas dependem do mesmo modo em grande parte da direcção e da força das vagas e da natureza e estructura das rochas da costa. Ha frequentemente um sulco cortado pelas vagas na linha da maior actividade, emquanto abaixo do sulco se

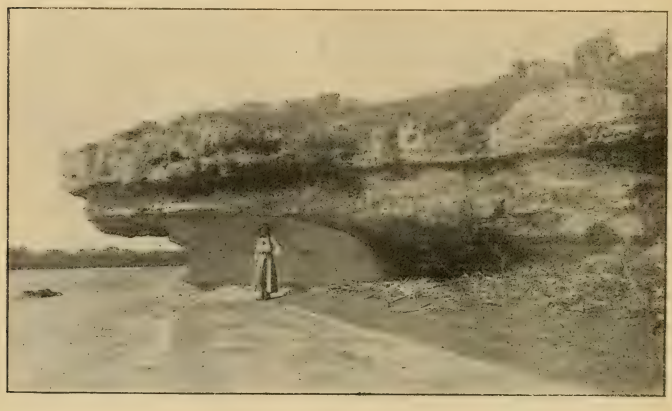


Fig. 24. — " O chapeo ". Camadas horizontaes solapadas pelas vagas, Fortinho, porto de Aracaty, estado de Ceará. Waring.

apresenta um lageado de maior ou menor largura conforme a natureza das rochas.

A figura junta (n. 23) mostra um tal sulco cortado pelas ondas na Ilha Raza, uma das ilhas do grupo de Fernando de Noronha. O primeiro plano da figura mostra o largo lageado emquanto no meio se vê cahido um grande bloco que foi quebrado em virtude de seu proprio peso destacando-se por esta maneira da encosta saliente.

Algumas vezes dois sulcos são cortados na costa — um no nivel da maré alta e um outro no nivel da maré baixa. Cavernas e arcos naturaes são cortados quando a variação das rochas e as condições locaes são favoraveis. A figura na pagina 77 (n. 25) mostra o grande

portão na extremidade nordeste da ilha de Fernando de Noronha.

Neste ponto a excavação do mar formou um isthmo que tem sido solapado pelas vagas escavando as rochas mais molles de baixo e deixando um arco bem firme de rochas duras.

As fórmas das rochas das costas são ás vezes determinadas por

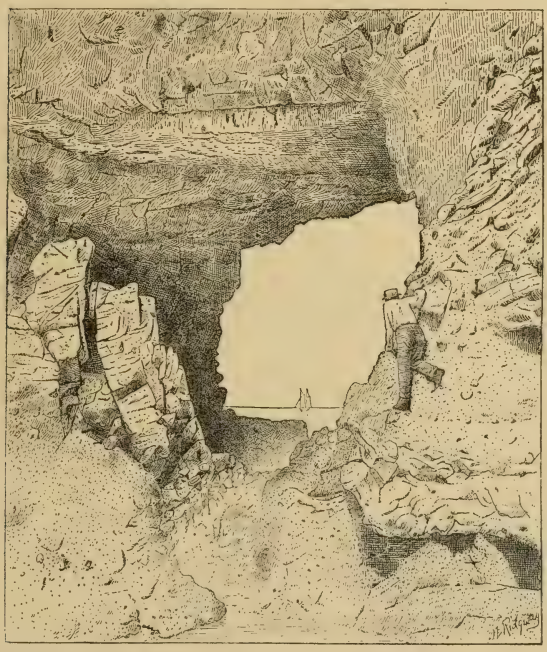


Fig. 25. — O Portão, uma abertura cortada pelas vagas por baixo da extremidade sudoeste da ilha de Fernando de Noronha. Largura doze metros.

certos agentes protectivos. As rochas podem estar cobertas por uma camada de algas, cracas, coraes, tubos de serpulas e outros organismos que impedem a força das vagas de desgastar as rochas.

Os recifes de arenito em Pernambuco, Rio Grande do Norte, Porto

Seguro, Santa Cruz e em muitos outros lugares ao longo da costa de nordeste do Brasil teriam sido já destruidos pela acção das vagas se não fossem protegidos por taes organismos sobre os seus lados externos ou nas faces viradas para o mar.

Trabalho mechanico constructivo dos mares e oceanos ou transporte e deposição marinha.

O transporte nos mares e oceanos é feito por:

I. — Correntes das marés.
II. — Vagas.
III. — Resaca *(undertow)*.
IV. — Correntes oceanicas.

As correntes das marés fazem o seu trabalho de transporte nos estuarios e entre as ilhas ao longo ou perto das costas.

Este trabalho consiste na acção de esfregamento da agua em passando pelos canaes durante a enchente e a vasante das marés. E' a acção destas correntes da maré que conserva as barras dos portos impedindo de se tornarem obstruidos com os sedimentos. Nunca é necessario fazer qualquer dragagem na barra da bahia do Rio de Janeiro porque as marés passando pelo estreito canal entre as fortalezas de São João e Santa Cruz a conserva varrida de todos os sedimentos.

Agentes marinhos constructivos. — *O trabalho constructivo das vagas* consiste no transporte e deposição das materias soltas que lhes ficam ao alcance.

Quando as vagas approximam-se de uma costa no normal á linha da praia, ou de maneira que os eixos das vagas sejam parallelos a ella, os materiaes soltos da costa são simplesmente rolados para cima e para baixo da rampa da praia. Em taes casos os materiaes não são movidos ao longo da costa porém permanecem junto á sua posição original. Quando, porém uma vaga bate obliquamente na praia o seixo movido por ella é arremessado para diante na direcção do movimento da onda e então rola, ou é levado novamente pela vaga, para dentro ou perto da beira d'agua. A vaga seguinte arremessa-o no mesmo

caminho e novamente elle rola para baixo. Cada vaga assim transporta-o um pouco mais longe ao longo da praia.

O processo é mostrado na figura 26. Se um seixo sobre a praia em A é arremessado por uma vaga O_1 movendo-se na direcção indicada pela flecha, elle será movido para diante na direcção do movimento da vaga e então curvando para a direita rolará para baixo da praia e para em B. A vaga O_2 o arremessará e depois de um caminho semelhante elle ha-de parar em C. Este processo continuará tanto tempo quanto as vagas façam um angulo com a praia. Quando porém ella

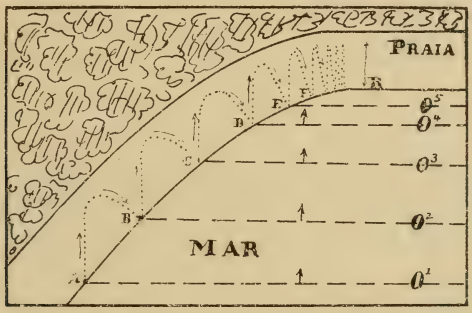


Fig. 26. — Diagramma illustrando o transporte de materiaes ao longo da praia pelas vagas.

chega ao ponto R onde as vagas são parallelas á linha da praia, elle será rolado para cima e para baixo naquelle ponto sem fazer qualquer caminho ao longo da praia.

Esta acção das vagas necessariamente tem como resultado o transporte do material solto ao longo da praia numa só direcção. O transporte cessa sómente quando as vagas não batem mais obliquamente na praia. Uma volta para a parte da terra da linha da costa faz com que o material transportado seja depositado formando um pontal como é explicado na pag. 82.

É notavel que a direcção dos ventos determine a direcção das vagas e o angulo d'ellas nas praias.

Por isso acontece que em muitos lugares occorre um movimento de vae-e-vem dos materiaes das praias.

Nos lugares onde o vento sopra sempre na mesma direcção é claro que o transporte tambem é numa direcção unica, e as accumulações formam pontaes e bancos submarinhos.

A resaca. — A resaca é a volta na direcção do mar das aguas que são arremessadas sobre a costa na forma de vagas. A vaga entretanto arremessa-se sobre a praia acima do nivel medio d'agua, emquanto a resaca corre na direcção do mar debaixo do nivel médio. Estes dois movimentos dão logar a uma circulação — movimento constante para a terra da agua da superficie e um movimento igualmente constante para o mar da mesma agua abaixo da superficie.

A tendencia deste movimento é arrastar com violencia os materiaes miudamente moidos da praia.

As correntes oceanicas. — As correntes oceanicas estão geralmente tão longe da costa que não transportam senão pouco sedimento mechanico.

No caso do rio Amazonas, entretanto, um volume tão enorme de agua carregada de lodo corre para o oceano em sua bocca, que a corrente oceanica arrasta seus sedimentos até grandes distancias para o noroeste e as distribue sobre o fundo do mar longe da terra.

Quasi toda a deposição mechanica tem logar em obediencia á lei do transporte já dada, isto é, que o poder mechanico da agua para mover rochas varia com a sexta potencia da velocidade. Existem duas excepções importantes a esta regra.

Primeiro, a agua salgada, sendo mais densa do que a doce, é capaz de mover materiaes um tanto mais pesados, com uma corrente dada, do que a agua doce. A segunda excepção é devido ao facto que a agua salgada tem um effeito singular sobre o lodo transportado para os oceanos pela agua doce. Este effeito é chamado *floculação* e consiste no agrupamento, ou liga, do lodo fino de maneira que elle affunda-se mais rapidamente do que fariam n'agua doce. (Vêde pag. 86). As aguas dos rios carregados de lodo depois de serem misturadas com a

agua salgada tem os seus sedimentos finos precipitados em um quinze avos de tempo requerido para o mesmo lodo affundar-se n'agua doce.

Formas e origens dos sedimentos mechanicos.

Os depositos mechanicos nos mares e oceanos são feitos em uma das formas seguintes:

I. — Praias.
II. — Pontaes.
III. — Barras.
IV. — Restingas.
V. — Bancos submarinhos.
VI. — Deltas.

I. **Praias.** — As praias são de duas naturezas: as praias ordinarias e as praias das tempestades.

Praias ordinarias. — Por praias ordinarias se entende a cinta de areia ou outros materiaes soltos que ficam entre a maré baixa e o alcance superior das vagas ordinarias. Estes materiaes que formam as praias são na maior parte derivados da terra, porém elles recebem contribuição dos restos organicos e dos materiaes mechanicos retirados pelas aguas dos mares razos e arremessados pelas vagas.

Já foi mencionado como taes materiaes são transportados ao longo das praias pelas vagas: este processo resulta no aterro, pelas areias transportadas, das angras e bahias augmentando assim a terra. As praias arenosas frequentemente dão origem a dunas. Quando as areias das praias se tornam seccas os ventos sopram parte dellas para a terra onde eventualmente formam extensas accumulações, vulgarmente medos.

Praias de tempestades. — Praias de tempestades são aquellas cujos materiaes são arremessados pelas ondas das tempestades alem do alcance das vagas ordinarias. Taes praias são muitas vezes arremessadas pelas vagas atravez das boccas dos cursos de aguas formando assim lagos d'agua doce ou d'agua salobra atraz de si, ou compellindo as correntes a fazerem longas voltas afim de alcançarem o mar. Ao longo da costa brasileira existem muitas praias desta natureza. Quando um rio tem a sua bocca completamente fechada por praias de tempes-

tades elle é popularmente conhecido pelo nome apropriado de « rio tapado ».

Nas costas de Alagôas, Pernambuco e Rio Grande do Norte ha diversos rios tapados. Alguns delles são fechados somente quando a maré está baixa, porque a maré alta passa por cima e cobre o banco de areia que atrevessa as boccas dos rios.

As areias das praias são muitas vezes, arremessadas em monticulos peculiares em forma de cuspides. Estes são formados pela interferencia de dois jogos de ondas. A interferencia das ondas é muitas vezes produzida dentro de uma bahia por uma ilha na entrada d'ella : em taes casos os cuspides de areia são formados sobre a praia da bahia (1).

As figuras 68 e 69 mostram a apparencia dos cuspides da praia e explicam o processo da formação delles.

II. **Pontaes.** — Pontaes são praias de construcção ou extensas linguas de terra construidas, extendendo-se da costa por dentro da agua. Quando o material movediço da praia — areia, seixos, etc. — é varrido ao longo pelas vagas, como foi explicado na pagina precedente, até alcançar uma curva da costa na direcção da terra, o material movediço da praia é depositado na agua morta na curva da costa. A accumulação destes materiaes formam uma extensão delgada da praia que é conhecida pelo nome de *pontal*.

Quando um pontal é construido em agua funda elle é geralmente recurvado para a terra em sua extremidade exterior ou de crescimento. O cabo Cod na costa oriental da America do Norte é um extenso pontal de areia recurvado, construido na maneira aqui indicada. Sandy Hook é um notavel pontal recurvado á entrada da bahia do porto de New-York.

Os pontaes são tambem algumas vezes formados ao longo da linha de contacto entre uma corrente terrestre e as vagas do mar, especialmente onde a corrente corre na mesma direcção que a corrente

(1) J. C. Branner. *The origin of beach cusps. Journ. Geol.* Sept.-Oct. 1900. VIII, pags. 481-484.

maritima. Taes pontaes são ainda augmentados em altura pela acção das vagas das tempestades. O grande pontal na bocca do rio Vistula no mar Baltico foi formado desta maneira.

Quando a agua entre duas ilhas contiguas é raza os pontaes são frequentemente formados de maneira a juntar as ilhas.

A mesma cousa acontece quando uma ilha fica perto da terra e as correntes não carregam para longe os sedimentos locaes.

A rocha ou peninsula do Gibraltar na Hespanha ja foi ilha, mas agora está reunida á terra pela acção das ondas que depositaram as areias das praias entre a ilha e a terra firme.

III. **Barras**. — As barras já se disse ser o resultado da acção combinada dos cursos de agua e das vagas e correntes do mar. Ellas são formadas junto ás boccas da maioria dos cursos terrestres e dos estuarios que dão no mar.

Em frente á bocca do rio São Francisco existe uma barra, ou corôa de areia, feita assim, da trazida pelo rio e depositada onde sua corrente fica interrompida.

IV. **Restingas**. — Restinga ou praia barreira é o nome dado a uma ilha ou peninsula comprida e delgada semelhante em forma a um pontal, formado por sedimentos ao longo e parallelo ás linhas da costa.

As restingas são produzidas pelas vagas provenientes do mar fundo arrojando para traz sobre o fundo do mar mais razo os sedimentos transportados da terra pela resaca. Estas formas principiam como baixios, depois pela accumulação de sedimentos tornam-se bancos de areia e ainda depois ilhas ou peninsulas. Existem exemplos notaveis de praias originando-se desta maneira ao longo das costas da Carolina do Norte, Texas e Yucatan na America do Norte. Frequentemente acontece que lagôas são formadas atraz das restingas e estas no correr do tempo são aterradas com o lodo trazido pelos cursos de agua e eventualmente formam terra firme. A Lagôa dos Patos, Lagôa Mirim e Lagôa Mangueira, e muitos pequenos lagos ao longo da costa do Rio Grande do Sul e tambem os lagos das planicies da costa de Santa Ca-

tharina, São Paulo (Ilha Comprida entre Iguape e Cananéa) Rio de Janeiro e Alagôas tem sido circumdadas pela formação de barras e restingas. Anteriormente haviam muito mais lagos desta natureza do que existem presentemente, porque muitos delles já tem sido aterrados completamente e formam agora terra firme. Na costa da Parahyba do Norte, na Traição, havia antigamente um lago — Lagôa de Sinimbú — que foi gradualmente aterrada completamente pelos sedimentos levados para ella e pelo crescimento da vegetação. Isto não é senão uma illustração do que está acontecendo com todos os lagos de nossas costas. Com o correr dos tempos elles todos devem estar completamente aterrados da mesma maneira.

V. **Bancos submarinhos.** — Os bancos submarinhos são formados em qualquer parte do fundo do oceano onde os sedimentos se depositam por um longo periodo de tempo. Logo que taes bancos alcançam ou approximam a superficie da agua as vagas amontoam os materiaes acima desse nivel e a terra principia na forma de restinga.

Desta maneira a terra extende-se na direcção do mar, especialmente nas fozes dos rios onde as correntes deixam cahir os sedimentos trazidos da terra pelos rios.

VI. **Deltas.** — Os deltas são formados nos mares da maneira porque se formam nos lagos (vède p. 64). Os cursos de agua carregam sedimentos da terra, e quando as condições são d'outra sorte favoraveis, estes sedimentos são depositados logo que alcançam o mar e o delta é formado na bocca da corrente. E' um facto notavel entretanto quo os deltas são formados nas boccas de alguns cursos d'agua e não de outras.

Porque deltas se formam nas boccas de alguns rios e não de outros. Essa differença pode ser divida ao caracter das aguas do rio, ou ás correntes do oceano em frente á foz do rio.

O S. Lourenço, grande e importante rio da America do Norte, não tem delta ; emquanto que o Mississipi, um outro rio da America do

Norte, tem um extenso delta (fig. 27). A differença nestes casos é devida ao facto ser o rio Mississippi muito lodoso transportando enormes quantidades de lama para o Golfo do Mexico no qual se forma o delta, emquanto o S. Lourenço é um rio de aguas limpidas, o seu lodo havendo sido depositado nos grandes lagos atravez dos quaes elle corre.

A Africa era antigamente separada da Asia, porém o Nilo formou o seu grande delta até os dois continentes ficarem por elle unidos. O rio Colorado antigamente corria para o lado oriental do golfo da Cali-

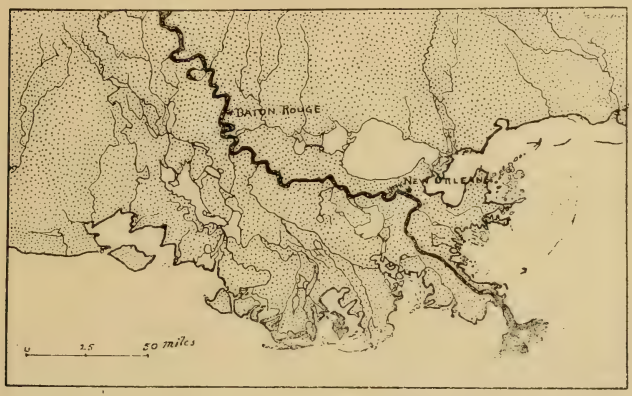


Fig. 27. — As boccas do Rio Mississippi.

fornia, porém a lama transportada pelo rio formou um delta que eventualmente cortou o golfo em dois e como a parte septentrional desta massa de agua se acha em uma região arida, a agua se evaporou, e agora somente resta um pequeno lago de salmoura muito forte e este mesmo reduzido em nivel oitenta metros inferior ao do oceano.

Em outros casos os cursos de agua que transportam grandes quantidades de lodo não tem deltas porque as correntes marinhas transportam o lodo para o oceano tão rapidamente como os rios o trazem. O Rio da Prata parece ser um caso desta natureza. As areias que formariam de outra sorte um delta no bocca daquelle rio são trans-

portadas ao longo das costas pelas correntes e espalhadas sobre o fundo do mar não longe da terra.

Os deltas são usualmente formados, não de uma unica, porém de muitas ilhas e as aguas dos rios entram no mar por diversas boccas. Estes canaes tendem a augmentar em numero e o numero de ilhas tambem augmenta.

Estas ilhas são formadas pelo aterro do mar fóra da bocca dos rios até se formar uma barra e depois os lodos se depositam no lado externo desta barra, formando assim um banco alongado dirigido para o mar. Este longo banco gradualmente toma a forma de V com a extremidade aguda dirigida rio acima.

Effeito d'agua salgada sobre os sedimentos. — A floculação é o nome dado ao processo pelo qual as mais miudas particulas de lodo de aguas turvas reunem-se em flocos, molhos ou cachos. Este effeito pode ser produzido de muitas maneiras. Certas substancias postas em aguas lamacentas causam a floculação; entre ellas estão o sal commum, pedra-hume, acidos e alcalis. A pedra-hume ou sulfato de aluminio é agora extensivamente usada para provocar a floculação do lodo nas aguas antes dellas serem filtradas para o abastecimento d'agua ás cidades. Se as aguas lamacentas são fervidas ou geladas produz-se o mesmo effeito sobre o lodo — este flocula-se e vai para o fundo. A cal tem um effeito semelhante, e é em parte por esta razão que as aguas fortemente calcareas são, geralmente, inteiramente limpidas.

O facto que o sal causa floculação é um factor de grande importancia no comportamento do lodo transportado pelos rios para o mar, porque a floculação produzida pelo sal na agua do mar faz com que a carga mechanica das correntes terrestres vá para o fundo em um quinze avos do tempo que seria necessario para afundar-se n'agua doce. De facto esta affirmação é antes aquem do que além da verdade. As experiencias feitas com aguas de certos rios tem mostrado que nas circumstancias ordinarias as particulas de barro muito miudas permanecem em suspensão indefinidamente em aguas doces lamacentas. A floculação do lodo das correntes lamacentas pelo sal do

mar deve por isso ser considerado como um processo geologico importante.

Crescimento de deltas. — A marcha do crescimento de deltas necessariamente varia muito com as condições. O delta do Mississippi cresce para o mar na marcha de um kilometro em dez annos. O delta do Pó tem crescido mais do que trinta e dois kilometros desde o tempo do Imperador Augusto.

No tempo de Christo, Mileto era um porto fundo na foz do rio Menderes, na Asia Menor, e fronteiras havia diversas ilhas no mar. Hoje o porto de Mileto não existe mais, e as antigas ilhas apparecem agora como pontos rocheos na planicie de sedimentos depositados pelo rio. A costa fronteira ao rio está crescendo na media doze metros por anno.

A posição dos sedimentos marinhos. — Os depositos das praias geralmente inclinam-se para o mar. A maioria dos sedimentos depositados quer n'agua doce quer na salgada são tão proximamente horizontaes quanto permittem as circumstancias. Se o terreno sobre o qual elles são depositados é desigual, os sedimentos tendem a encher e encobrir inteiramente estas desigualdades, sendo as depressões enchidas mais rapidamente do que as partes elevadas.

Os sedimentos da terra, quer provenientes do corte das costas pelo mar quer trazidos pelas correntes do interior do continente, cobrem extensas areas ou fachas approximadamente parallelas ás costas. O arranjamento e a distribuição deste material são determinados pelas correntes oceanicas e pelo tamanho das particulas de lodo. As particulas mais graudas são depositadas mais perto das costas emquanto as mais miudas são transportadas para mais longe da costa e mais longe de suas origens. Segue-se que, no geral, os sedimentos da terra são distribuidos em fachas approximadamente parallelas á costa; que as fachas de materiaes maiores ou mais pesados são mais estreitas e mais proximas á costa; que as dos mais miudos estão mais afastados, e que os extremamente miudos são depositados ainda mais longe e que elles cobrem areas mais extensas.

Assim é possivel muitas vezes determinar a natureza e direcção das correntezas e a origem dos sedimentos que formam as camadas de rochas sedimentarias.

A's vezes acontece que barragens, diques, e taes construcções artificiaes feitas para proteger um porto de mar, ou para formar um porto, causa accumulações de areias em pontos inesperados. No Ceará um quebramar causou accumulações de areias de tal modo que uma parte do porto ficou entupido e abandonado.

Conclusões referentes aos sedimentos mechanicos. — São as seguintes as conclusões geraes referentes aos sedimentos mechanicos :

I. — Os sedimentos transportados pelos cursos de agua são exclusivamente rochas fragmentadas e decompostas e materiaes da terra.

II. — O fundo do oceano é o destino de toda a terra.

III. — A marcha da remoção da terra depende :

1.° *Da topographia :* tanto mais ingreme a inclinação geral, quanto mais rapida a marcha da erosão. Isto acontece tanto na erosão pelos cursos d'agua como na erosão pelas ondas. Nos cursos a erosão é mais rapida porque tanto mais ingreme a inclinação quanto mais rapidas as correntes.

Nas costas ingremes, havendo ao largo aguas fundas, as vagas alcançam a costa com maior força e o solapamento é mais efficiente tanto por causa da maior força das vagas como por causa da maior massa minada na costa.

2.° *Do clima.* A congelação e o degelo apressam a decomposição e a denudação. A concentração da chuva do anno em alguns mezes ou semanas augmenta a denudação total para o anno.

3.° *Da estructura e caracter das rochas.* As rochas mais friaveis são desgastadas mais rapidamente, emquanto as mais resistentes ficam salientes.

IV. — A maior parte da remoção de terra ou rocha é feita durante o tempo da enchente dos cursos d'agua, devido ao maior volume d'agua, á maior velocidade da correnteza, e ás contribuições feitas pelos cursos entrando nos dois lados.

V. — A denudução ataca toda a superficie da terra e affecta as rochas tão profundamente quanto penetram as aguas da superficie, não alcançando porém muito abaixo do nivel do oceano.

VI. — Uma superficie erodida indica a condição de terra firme, ou de agua raza.

VII. — O endurecimento da rocha é de certo modo um accidente.

VIII. — A disposição dos sedimentos transportados por qualquer corrente é determinada pelas leis do transporte.

IX. — Assim os sedimentos graudos só podem ser removidos por fortes correntes, e os miudos só podem ser depositados em correntes fracas.

X. — O caracter dos sedimentos, desta maneira, indica a natureza das correntes em que elles são depositados.

XI. — Em uma area ao largo da costa :

1.° Os sedimentos graudos são depositados perto da costa.

2.° Os sedimentos mais miudos são depositados mais distantes da costa.

3.° Os sedimentos graudos são depositados em uma zona parallela a costa.

4.° Os sedimentos mais miudos são depositados sobre uma area mais larga que os graudos.

XII. — O desgatamento feito pela agua e o acamamento feito na agua são caracteristicos e indicam condições aquosas.

V. — O gelo como agente geologico.

O gelo como agente geologico é de grande importancia nas regiões polares e nas zonas temperadas da terra, mas de pouco interesse ou importancia directa nos paizes tropicaes. O gelo tem, porém, representado um papel importante na historia da terra e por este motivo será brevemente considerado aqui.

O trabalho geologico do gelo se effectua por tres modos :

I. — Pela expansão mechanica da agua no acto de congelar-se

pela qual as rochas são desintegradas o os declives da terra e rocha são alterados.

II. — Pelos geleiros ou correntes de gelo.

III. — Pelos gelos fluctuantes *(icebergs* e *floe-ice)*.

Congelação. — A expansão d'agua no acto da congelação, a desintegração de rochas e o derrocamento de paredões e encostas rochosas por este processo tem sido já considerados debaixo do titulo de mudanças de temperatura na pagina 29 a qual o estudante deve reportar-se.

Geleiros.

Quando a agua é precipitada das nuvens com a temperatura abaixo do ponto de congelação, cahe, não na forma de agua, mas na de neve, ou particulas de gelo, isto é, de agua na sua forma crystallina. Quando a neve cahe em grandes quantidades, com o correr do tempo, conglutina-se, assim formando gelo solido. Este gelo, quando não amparado por um lado, eventualmente corre devagar de um modo muito semelhante ao do breu ou melado grosso ou de outra qualquer substancia viscosa. Nas regiões montanhosas onde cahe muita neve, a neve recem-caida vai augmentando successivamente as accumulações de gelo formadas de neve; ao passo que as partes inferiores destas accumulações se movem vagarosamente pelas encostas dos valles na forma de geleiros ou correntes de gelo, derretendo-se na sua extremidade inferior. Em outros termos: — nas regiões onde a humidade cahe na forma de neve a drenagem se effectua na forma de geleiros ou cursos de gelo. O movimento destes geleiros é muito vagaroso, mas, geralmente obedecem ás leis do fluxo dos cursos d'agua.

Por conseguinte as condições necessarias á formação de geleiros são:

I. — Uma região que se estende acima da altitude da neve perpetua.

II. — Uma precipitação abundante de neve.

III. — Differenças de temperatura durante o anno.

Os geleiros se formam em qualquer região na qual cahe mais neve na estação fria do que derrete-se na estação quente. Portanto elles se formam sómente acima do limite da neve perpetua. Na Suissa a altitude de neve perpetua é de 2550 a 2700 metros para cima. Este limite é baixo nas regiões polares, mas se eleva á medida que se approxima ao equador onde se acha a quatro mil oitocentos e oitenta metros acima do nivel do mar. Na America do Sul só ha geleiros ao nivel do mar na região do Estreito de Magalhães, ao passo que mais ao norte só se acham nos picos elevados dos Andes. Ainda mesmo debaixo do equador elles se apresentam naquella alta cordilheira de montanhas.

Movimento dos geleiros.

A velocidade. — A velocidade do movimento dos geleiros varia muito nas suas diversas partes exactamente como a d'um rio ou outro curso d'agua. A velocidade do movimento do geleiro varia tambem conforme as diversas estações do anno. Os das montanhas da Suissa se movem na razão de quarenta e cinco até cento e vinte metros por anno; o grande geleiro Muir de Alaska na occasião da medição em 1891 estava se movendo na razão de setecentos e setenta nove metros por anno. Os geleiros da Groelandia se movem desde dois metros e quatro decimetros até treze kilometros por anno. Estas grandes differenças nas razões de movimento são causadas :

I. — Pelo declive do leito do geleiro sendo que quanto mais inclinado o leito mais rapido é o fluxo.

II. — Pelo calor do verão sendo que quanto mais quente o verão mais rapido é o fluxo.

III. — Pela precipitação da neve, ou em outras palavras pela massa do geleiro, sendo que quanto maior o volume mais rapido é o fluxo.

Determinação da velocidade. — Determina-se a velocidade fincando estacas atravez dos geleiros em linha rigorosamente recta e determinando a distancia que estas estacas se deslocam desta linha

depois de alguns dias ou horas. Observações feitas por este modo tem demonstrado :

I. — Que os geleiros se movem mais rapidamente na parte superior do que na inferior (em virtude da fricção do gelo sobre o leito rochoso).

II. — Que se movem mais rapidamente na parte mediana do que nas partes lateraes (em virtude da fricção do gelo sobre os lados do canal).

III. — Que no dobrar as curvas a corrente é mais rapida na parte externa da curva.

IV. — Que o movimento é mais rapido onde o declive do leito é mais forte porque nos declives fortes a fricção fica reduzida.

Theorias do movimento do gelo. — Tem-se proposto muitas theorias para explicar o fluxo dos geleiros, mas a geralmente acceita pelos geologos é a conhecida pelo nome de theoria da *regelação* proposta pelo physico inglez Tyndall. Conforme esta theoria o gelo se move em virtude do fraccionamento e recongelação em toda a massa. O processo póde ser illustrado do modo seguinte. Collocando atravez de um bloco de gelo um pequeno arame com pesos fixos a cada extremidade de modo que estes puxem para baixo, nota-se que o arame passa vagorosamente por todo o bloco, mas que este fica tão solido como antes da passagem do arame, porque o gelo se reforma por traz d'elle. Se o gelo fôr sujeito a forte pressão elle póde amoldar-se a qualquer fórma. E' esta facilidade em ceder á pressão que faz com que os geleiros corram semelhante a uma corrente de material molle plastico ou viscoso. A pressão nos geleiros é produzida pela gravidade do proprio gelo.

Por esta razão os grandes geleiros movem-se mais rapidamente que os pequenos, os declives sendo os mesmos.

A' medida que os geleiros se movem pelos seus valles abaixo cahem sobre elles pedras soltas, terra e areia, ou estes materiaes são depositados em cima delles pelos cursos de agua. Estes materiaes se accumulam ao longo dos lados do gelo, e á medida que o geleiro se move para diante são carregados e finalmente depositados onde o

geleiro se derrete. No correr do tempo estes materiaes se accumulam formando montes e lombadas que se chamam *morenas*.

Morenas.

Fragmentos de rochas, areia, ou lama, e materiaes de diversas qualidades cahem nos lados dos geleiros e ali fazem accumulações que são transportadas, á medida que o curso de gelo move-se para diante. Essas accumulações chamam-se *morenas*.

Ha tres typos geraes de morenas : — morenas lateraes, morenas medianas, e morenas terminaes.

Morenas lateraes são os montes de pedras, terra, etc., carregados ao longo dos lados dos geleiros.

Quando as correntes de gelo se unem umas das morenas lateraes de cada uma se juntam no meio do geleiro maior formando assim o que se chama uma *morena mediana*.

E quando todos os detrictos carregados por um geleiro ficam depositados pelo derretimento do gelo na extremidade inferior delle accumulam-se em um monte o qual, com o correr do tempo, fórma uma *morena terminal*.

Morenas terminaes geralmente têm uma forma mais ou menos semi-circular ou crescente.

No material das morenas geralmente vem muito misturado o fino com o mais grosso.

Blocos erraticos. — O tamanho dos blocos de pedra que um geleiro póde carregar é quasi illimitado. Os materiaes das morenas podem provir de qualquer parte do valle no qual corre o geleiro e podem ser levados até o fim do geleiro, seja qual fôr o seu comprimento. Esses blocos chamam-se erraticos pela razão de achar-se longe das suas origens. Os fragmentos da rocha que cahem sobre a superficie de um geleiro as vezes se afundam gradualmente até o leito, e as vezes elles chegam ao leito cahindo nas *crevasses* ou fendas que se formam, aqui e acolá, no gelo em movimento.

Sulcos glaciaes. — Ao chegar no fundo do geleiro estas pedras são arrastadas de modo a arranhar e sulcar o leito rochoso sobre o

Fig. 28. — O geleiro Fiescher nos Alpes Berneses, na Suissa.

qual o gelo se move. De outro lado estes blocos soltos são tambem moidos e estriados, mas estando livres para se virarem, acontece que se formam sobre elles diversas facetas e que as estrias nas suas faces

correm em muitas direcções. Não são facetados, porém, todas as massas de pedra carregadas por um geleiro, porque muitas dellas nunca chegam ao fundo do gelo onde seriam moidas contra o leito rochoso.

Os sulcos feitos nas rochas sobre as quaes o gelo se move são proximamente parallelos e arrumados na direcção do seu movimento. Estes sulcos constituem uma das provas mais caracteristicas e indubitaveis do trabalho do gelo, ainda mesmo depois que este tem desapparecido.

Trabalho geologico dos geleiros.

O trabalho geologico dos geleiros, como o dos cursos d'agua, consiste no desgastamento, transporte e deposição. O desgastamento se effectua por meio dos fragmentos rochosos que esfregam o leito dos geleiros. Alguma idéa da somma de trabalho effectuado por este modo é dada pelo caracter da agua lodosa que corre da extremidade dos geleiros, e tambem pelas encostas arredondadas das superficies sobre as quaes o gelo se moveu. Mais adiante far-se-á referencia outra vez a estas superficies. A maior parte do trabalho effectuado pelos geleiros é, porém, o de transportar os materiaes soltos, quer na fórma de solo ou na de fragmentos rochosos que cobriram a superficie quando primeiro se formou o geleiro; quer na dos materiaes que depois cahiram sobre o gelo. Isto quer dizer que o poder transportante de um geleiro parece ser mais importante, geologicamente fallando, do que o seu poder erosivo.

Os materiaes carregados por geleiros são depositados na extremidade inferior do gelo na forma de morenas terminaes ou lateraes, ou na de blocos isolados, ou os materiaes mais miudos são carregados ainda mais longe pelos cursos d'agua que sempre corre dos geleiros.

Glaciação antiga.

O interesse principal dos geleiros reside no facto que durante a época que se conhece pelo nome de « época glacial » — pouco remota geologicamente fallando — geleiros de dimensões enormes cobriram

Fig. 29. — Arenito estriado exposto no Jardim Glacial de Lucerne, na Suissa.

grandes areas da Europa septentrional e da America do Norte e do Sul. Que houve uma tal época glacial é claramente indicado pelo estriamento das rochas *in situ* sobre as areas antigamente cobertas pelo gelo, pelos blocos erraticos carregados de uma parte de uma região glaciada para outra, pelo estriamento de muitos dos materiaes transportados, pelas formas caracteristicas das morenas deixadas por estes antigos geleiros, e pela evidencia biologica da passada distribuição do gelo.

Na Suissa os geleiros alpinos actuaes são apenas os restos resumidos dos geleiros da época glacial. E' manifesta a prova que o gelo enchia antigamente todos os valles d'aquelle paiz e que correu pelo valle do Rhodano desde S. Gothardo até Lyon na França pelo lado do

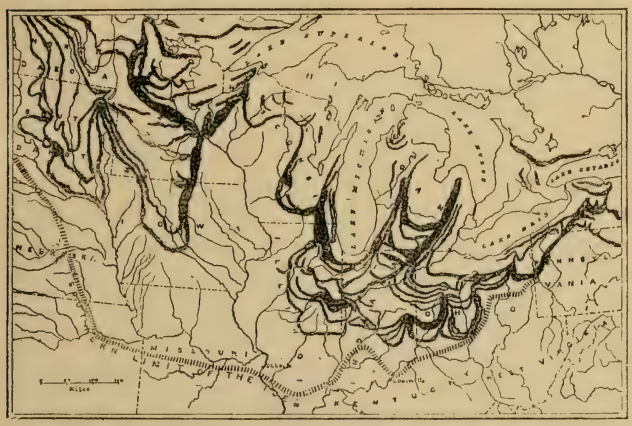


Fig. 30. — Mappa mostrando as principaes morenas da região dos Grandes Lagos na America do Norte.

sudoeste, e pelo lado do nordeste no valle do Rheno, até adiante de Neuchatel e Zurich.

Durante aquella época o gelo cobriu tambem uma grande area na Austria-Hungria occidental e houve pequenas areas cobertas de gelo nas altas montanhas da Hespanha e de Portugal. Os maiores geleiros,

porém, eram os da Europa septentrional que das montanhas de Noruega e Suecia correram sobre estes dois paizes e sobre toda a Laponia, Finlandia, Dinamarca e Hollanda, e sobre grande parte da Allemanha

Fig. 31. — Mappa mostrando a distribuição no gelo sobre o continente norte-americano durante a epoca glacial e os tres centros principaes de onde o gelo correu.

septentrional, e a parte noroeste da Russia, além da area actualmente coberta pelo Mar do Norte e pelo Baltico. Durante o mesmo periodo esteve tambem debaixo do gelo toda a Irlanda e Escossia e quasi toda a Inglaterra. Na America do Norte o gelo cobria toda a parte septen-

trional do continente, isto é, toda a Canadá e a parte septentrional dos Estados Unidos, estendendo-se para o sul até as cidades de Nova York, Cincinnati, Louisville e S. Luiz.

Este lençol norte-americano de gelo tinha a espessura de mais de mil e oitocentos metros. Isto se evidencia pelo facto que picos e montanhas desta altura foram completamente sobrepujadas pelo gelo. Na costa do Pacifico o gelo cobria a região em redor da Sonda de Puget e de lá se estendeu para o norte até Alaska. E' porém singular que este ultimo paiz estivesse apenas em parte coberto pelo gelo. Nas montanhas Sierra Nevada e nas Montanhas Rochosas os geleiros cobriram grandes areas, mas foram locaes e correram destas mesmas montanhas em lugar de correrem das altas latitudes septentrionaes como fez o corpo principal do lençol de gelo. De algumas partes da area glaciada o gelo removeu quasi todo o solo deixando as rochas desnudadas, accumulando em outros lugares estes materiaes na forma de morenas terminaes e lateraes que pelas suas formas indicam as dos lobulos de gelo.

Deve ser especialmente notado que o gelo que cobriu as áreas glaciadas do hemispherio norte não correu, como as vezes se imagina, do polo norte, mas veio de certos centros elevados situados ao sul das regiões polares. O gelo que cobriu a parte septentrional da America do Norte veio principalmente de tres centros, a saber : um em Labrador, um logo ao oeste da bahia de Hudson e do terceiro proximo ao Oceano Pacifico e ao sul do Alaska. Na Europa os geleiros da Austria-Hungria, Suissa, Hespanha, Portugal e do Caucaso foram de origem local ; os da Irlanda, Escossia e uma parte da Inglaterra foram locaes, mas o grande centro da distribuição era nas montanhas da Noruega e Suecia e o gelo desta região se unia com o das Ilhas Britannicas e até corria atravez de uma parte da Inglaterra.

America do Sul. — Na America do Sul os geleiros cobriram antigamente a Terra do Fogo e quasi toda a Patagonia. Para o norte as provas da existencia destes geleiros se apresentam ao nivel do mar até Concepcion no Chili. Deste ponto para o sul toda a extremidade do continente foi coberta com gelo. Ao norte de Concepcion as evidencias

da glaciação se elevam cada vez mais nos valles a medida que se approxima do Equador, faltando nas elevações mais baixas. Nas altas regiões andinas existem provas da glaciação atravez do Chili, Bolivia, Perú, Equador e Colombia.

Acreditou se, ha tempos, que o Brasil tambem tinha sido glaciado, mas estudos posteriores têm demonstrado que não ha provas concludentes da acção glacial em parte alguma deste paiz (1). Julgou-se que os morros arredondados da vizinhança do Rio de Janeiro, e bem conhecidos ao longo da costa, tanto no norte como no sul, apresentavam superficies glaciadas : estas formas porém foram produzidas pela esfoliação. Os grandes blocos ou matacões nas praias de Paquetá foram considerados como blocos erraticos, mas são blocos de decomposição tal qual os que hoje se formam em muitas partes do Brasil. (Vêde as figuras das pags. 29 e 31). Os grandes blocos no valle abaixo da Tijuca, conhecidos como as furnas do Agassiz, foram considerados como sendo blocos erraticos trazidos de alguma outra parte do continente, mas são derivados do grande dique da encosta desta mesma montanha. As argillas vermelhas que por toda a parte formam o subsolo da Serra do Mar eram consideradas como *till*, ou argilla glacial; estas porém são apenas os productos da decomposição *in situ* das rochas crystallinas da região. Em parte alguma do Brasil tem-se encontrado uma rocha estriada *in situ* ou um bloco estriado, ou qualquer outra prova evidente e indubitavel da acção glacial durante o periodo pleistoceno.

As serras do Ceará, que foram consideradas por Agassiz como sujeitas á glaciação, são tambem serras de granito que por toda a parte mostram a exfoliação caracteristica dessas rochas. As fraldas das serras de Aratánha e de Pacatuba não exibem tão pouco morena alguma.

---

(1) J. C. Branner. *A supposta glaciação do Brasil.* Revista Brazileira. Vol. VI, pags. 49-55, 106-113. Rio de Janeiro, 1896.

Voltará a época glacial ?

Se a época glacial voltará ou não depende da sua causa. Se a causa fôr uma que seja recorrente deve-se esperar que a época tambem reapparecerá. Isto nos leva a indagar se a terra tem passado por mais de uma das taes épocas.

Os geologos que têm dedicado attenção especial ao assumpto da glaciação encontram evidencias concludentes de diversas épocas durante os tempos pleistocenos. Além disto, tem-se encontrado provas satisfactorias da glaciação durante periodos geologicos muito mais remotos em diversas partes do mundo.

Em Canadá, na America do Norte, houve glaciação no archéano (1).

Na China (2) e na Australia (3) durante o cambriano.

Na India e na Africa do Sul durante o carbonifero (4).

Nos estados do sul do Brasil (5), Australia, e Tasmania no permiano.

Na India durante o periodo mesozoico; na Australia do Sul, durante o terciario.

Por conseguinte pode-se dizer que é muito provavel que a época glacial haja de voltar.

Causas das épocas glaciaes.

Para explicar periodos glaciaes tem-se suggerido duas classes de causas, — geographicas e astronomicas. As *causas geographicas* suggeridas como capazes de produzir uma tal época são :

1.° A mudança das correntes oceanicas.

2.° A mudança dos ventos alizios.

---

(1) *Journal of Geology*, XVIII, 459-467, 1910.

(2) Carnegie Institution, *Yearbook*, n°. 3, pag. 118. Washington, 1904.

(3) *Journal of Geology*, XX, 193, 1912.

(4) *Nature*, LXXI, 55-57, 1904.

(5) J. B. Woodworth. *Bulletin, Museum, Comparative, Zoology.*

3.° A elevação da terra para cima da linha de neve.

4.° A mudança na distribuição da terra e da agua.

As *causas astronomicas* que se julgam capazes de produzir uma época glacial são :

5.° O augmento da obliquidade da ecliptica.

6.° O effeito combinado da precessão dos equinoxios e da excentricidade da orbita da terra.

7.° As mudanças na posição do eixo da terra.

8.° O giro de uma crosta externa da terra sobre um centro fixo.

9.° A variação do calor emittido pelo sol.

10 A variação da temperatura do espaço.

11 A diminuição do calor original da propria terra.

Estas theorias não serão aqui discutidas, principalmente porque só indirectamente podem ser consideradas como assumptos geologicos. E' evidente que épocas glaciaes são produzidas por um abaixamento da temperatura annual em um longo periodo de tempo, seja este abaixamento produzido por que modo fôr (1).

Icebergs.

Os *icebergs* são agentes geologicos de importancia. São formados de geleiros que desembocam no mar. O gelo sendo empurrado por debaixo da superficie da agua é levantado por esta em virtude da sua tendencia de boiar e assim grandes blocos se destacam e fluctuam para longe. Estes blocos se chamam *icebergs*, ou morros de gelo. Boiando, de 6/7 a 7/8 partes desses morros de gelo ficam submersos, e somente o resto está exposto acima d'agua

Este gelo contém muitas vezes pedras e outros detritos e á medida que o gelo viaja e derrete-se estas pedras cahem e espalham-se sobre o fundo do mar. Visto que os *icebergs* frequentemente viajam centenas

(1) Estas theorias acham-se discutidas nas seguintes obras : *Discussions on climate and cosmology*, by James Croll, Edinburgh, 1885. *Island Life*, by Alfred R. Wallace, pags. 121-162, London, 1880.

de kilometros antes de se derreterem completamente, são agentes importantes de transporte de rochas, areia e terra, até grandes distancias.

Agentes chimicos.

São pela maior parte invisiveis os processos e as operações geologicas dos agentes chimicos, e sómente com o correr do tempo são apparentes os resultados do seu trabalho. Por exemplo, todas as aguas de fontes, poços ou correntes, por mais limpidas que sejam, contém materias mineraes em solução, e visto que estas materias têm sido dissolvidas das rochas da terra, é evidente que taes aguas estão carregando as rochas em solução, da mesma maneira que as carregam em suspensão as aguas turvas.

O facto que todas as aguas de poços, fontes e correntes contém materia mineral em solução póde ser demonstrado evaporando a secco um pouco dellas. Uma delgada pellicula do mineral dissolvido será deixada cobrindo a superficie interna do vaso em que se effectuar a evaporação.

Aguas tomadas de tres rios e de dezoito poços ao longo da Estrada de Ferro Baturité no estado do Ceará foram examinadas chimicamente, e verificou-se que essas aguas contem desde 118, a 4915 grammas de materia mineral em solução por litro, e que, termo medio, ellas contem 1058 grammas por litro (1).

Quando cahe chuva sobre a terra um pouco da agua se evapora e assim fica devolvida directamente á atmosphera, mas a sua grande massa corre sobre a superficie, ou se infiltra no chão. Aquella que corre effectua trabalho mecanico cortando canaes e carregando material mecanico, ao passo que a parte que penetra no chão effectua trabalho chimico dissolvendo certos mineraes e os carregando em solução. Estas aguas subterraneas podem emergir na fórma de fontes sobre a terra, ou podem surgir debaixo de lagos ou do mar como fontes submarinas. Em

---

J. A. Lorimer, carta particular, Oct. 2, 1911. J. C. B.

qualquer dos casos as aguas subterraneas acham-se carregadas de material mineral tirado das rochas que atravessam. O poder da agua de tomar material mineral em solução é devido em grande parte ao facto que ella não é agua simples e pura, mas contém alguma substancia que augmenta o poder dissolvente, ou accelera a sua actividade chimica. Esta actividade accelerada póde ser devida :

I. — Ao acido carbonico.
II. — Ao acido nitrico.
III. — Ao acido humico ou outros acidos organicos.
IV. — Ao augmento de pressão.
V. — Ao augmento de temperatura.
VI. — A' diminuição de temperatura.

Bioxido de carbono (CO^2). — Existe na atmosphera uma certa porção de acido carbonico gazoso, ou bioxido de carbono, e a chuva quando cahe toma para si parte deste gaz. A decomposição de materia animal e vegetal dentro do solo ou sobre elle produz o bioxido de carbono, que é tambem produzido pela respiração dos animaes. Nas regiões vulcanicas o mesmo gaz é emittido pelas ventas ou fendas nas rochas. Seja qual for o seu modo de formação, este bioxido de carbono, sendo ajuntado á agua, augmenta enormemente o poder desta de dissolver certos mineraes A quantidade de acido carbonico effectivamente carregada pela chuva tem sido determinada em muitos lugares, e na presupposição que os resultados obtidos em outras localidades tropicaes sejam applicaveis ao Brasil, temos que o acido carbonico total contido na chuva de um anno nos lugares abaixos menionados será dado na tabella que segue.

Chuvas cahidas em diversos lugares no Brasil.

	Millimetros de CO_2 na chuva
Rio de Janeiro	3.21
Santos, São Paulo	8.26
Alto da Serra do Cubatão, S. Paulo	11.80
São Paulo, (cidade)	4.93
Uberaba, Minas	5.15
Morro Velho, Minas	5.40

	Millimetros de CO_2 na chuva
Gongo Soco, Minas	9.70
Pará	5.90
Ceará	4.92
Pernambuco	9.80
Victoria	3.46
Bahia	7.90

Deve-se lembrar que estas quantidades só vêm das chuvas, e não incluem o bioxido de carbono produzido de outras maneiras.

Acido nitrico (HNO). — As descargas electricas no ar produzem acido nitrico, e este acido é arrastado pela chuva, do ar para o chão. Visto serem mais frequentes nas regiões tropicaes do que nas temperadas os relampagos, deve-se esperar que nos tropicos haja maior quantidade produzida de acido nitrico. Esta theoria parece ser confirmada pelas observações. Em Caracas, Venezuela, o termo medio de acido nitrico na agua de chuva é de 2.23 milligrammas para um litro de agua. Em St. Denis, Ilha de Bourbon, (quasi na mesma latitude do Rio de Janeiro) o acido nitrico é de 2.67 mm. por litro. Na hypothese que a quantidade de acido nitrico num litro de agua da chuva cahida no Brasil seja egual á de Caracas, temos para os lugares abaixo mencionados as seguintes quantidades annuaes para o acido nitrico, quer livre, quer em forma de ammoniaco.

Acido nitrico calculado para a chuva cahida no Brasil.

	Millimetros de acido nitrico (HNO_3)
Rio de Janeiro	0.00586
Santos, S. Paulo	0.01506
Alto da Serra do Cubatão, S. Paulo	0.02151
S. Paulo	0.00899
Morro Velho	0.00984
Gongo Soco	0.01767
Pará	0.01076
Ceará	0.00896
Pernambuco	0.01787
Victoria	0.00631
Bahia	0.01440

Posto que muitas rochas não sejam facilmente atacadas pelo acido nitrico, o tempo e os processos complexos da acção atmospherica eventualmente as sujeitam ao effeito de influencias que no principio pouco actuaram sobre ellas.

Acidos organicos. — Além do acido carbonico, diversos acidos humicos são derivados da decomposição da materia organica no solo. Este é especialmente o caso nos paizes como o Brasil onde o calor e a humidade do ar fornecem as condições favoraveis para o crescimento rapido da vegetação e para a sua decomposição egualmente rapida. A agua cahindo sobre a materia em decomposição é retida pela vegetação, carregando-se com acidos organicos, penetra finalmente no chão e effectua o seu trabalho destructivo sobre as rochas. A natureza pesada, esponjosa e aquosa, caracteristica de grande numero das plantas tropicaes, e especialmente da vegetação rasteira, accelera materialmente a rapidez da decomposição e portanto a da producção de acidos organicos.

Augmento de pressão. — Visto que as aguas da chuva penetram até grandes profundidades na terra, o seu peso produz uma pressão directamente proporcional, em alguns casos, á altura da columna aquosa. Tem-se demonstrado experimentalmente que o poder dissolvente da agua, fica augmentado pela pressão, e tem-se demonstrado em minas profundas, que a agua penetra centenas de metros na crosta da terra. Grande parte da materia mineral que a agua toma em solução só se conserva dissolvida emquanto a agua se acha debaixo de pressão. Logo que a agua sóbe ficando por isso diminuida a pressão, deve haver deposição, porque o poder dissolvente da agua não é mais capaz de conservar os mineraes em solução.

Augmento de temperatura. — E' facto familiar que sendo aquecida a agua, fica grandemente augmentado o seu poder de dissolver certas substancias. O effeito do aquecimento de aguas contendo carbonatos em solução é bem illustrado pela deposição de carbonato de cal nas caldeiras e chaleiras quando se emprega aguas contendo muita cal em solução.

E' de muita importancia geologica este facto porque a agua que penetra profundamente na crosta da terra tem muitas vezes grandemente augmentada a sua temperatura, e por conseguinte o seu poder dissolvente. Mesmo um augmento pequeno de temperatura é capaz de produzir mudanças muito importantes nas rochas atravessadas pelas aguas.

Diminuição de temperatura. — Certos mineraes (os carbonatos) são mais facilmente dissolvidos em agua fria do que em quente. Portanto uma diminuição de temperatura da agua favorece a solução de taes mineraes pelas aguas que os atravessam.

Material dissolvido nos cursos de agua. — A quantidade de material mineral carregado em solução por um curso d'agua dado é determinado pela medição da descarga do curso e da quantidade de material mineral em solução em um litro da agua descarregada. São, porém, necessarias muitas observações em vista da variação no volume do curso e no caracter da agua. E' tambem necessario filtrar todas as amostras afim de separar a materia em suspensão da materia em solução. Determina-se então a quantidade em solução evaporando a secco a agua limpida e pesando a materia que fica. Não se tem feito taes observações sobre muitos cursos, e entre os da America do Sul parece que sómente as aguas do Amazonas e do Rio da Prata têm sido assim examinadas (1).

Estas observações mostram que o Rio da Prata carrega para o mar em solução cerca de noventa e um milhões (91,000,000) de toneladas cada anno, ao passo que o Amazonas carrega em solução cento e sessenta milhões, oitocentas e trinta tres mil e seiscentas (160,833,600) toneladas por anno (2). Estas quantias não incluem as materias carregadas como sedimentos mechanicos que devem ser ajuntadas para obter a somma total de material mineral carregado por estes dois rios.

---

(1) *J. J. Kyle. — La composición quimica de las aguas de la Republica Argentina.* Anales de la Soc. Cientifica Argentina XLIII, 19-25. Buenos Aires, 1897.

(2) *The denudation of the two Americas.* By T. Mellard Reade. American Journal of Science. 1885, XXIX, pags. 290-300.

Os mineraes que carregam em solução acham-se principalmente na forma de carbonato de cal, sulphato de magnesia, silica, ferro, alumina e sal commum.

Os rios variam muito entre si tanto no caracter como na quantidade da materia carregada em solução. Até o mesmo rio carrega mais n'uma estação do anno do que em outras. A differença entre dois rios quaesquer na quantidade de materia mineral contida num litro de sua agua é devida a differenças na composição das rochas que formam a sua bacia hydrographica, e nas quantidades de acidos contidas nas suas aguas.

As variações na agua de um unico rio são devidas ao facto que a maior parte da sua agua possa vir, em uma occasião, de uma parte da sua bacia hydrographica, e em outra occasião, de uma outra parte differente da mesma bacia, onde as rochas apresentem differenças entre si : ou podem tambem ser devidas á concentração da agua pela evaporação. Frequentemente acontece que um rio carrega a maior quantidade de material mineral em solução no seu estado de vasante, devido ao facto que é então alimentado principalmente por fontes cujas aguas tem passado pelas rochas e são portanto mais carregadas com mineraes, ao passo que no estado de enchente as suas aguas vêm principalmente da superficie sem passar pelas rochas.

Os effeitos da erosão chimica.

As rochas são compostas de mineraes. Destes mineraes alguns dissolvem-se com facilidade, outros mais difficilmente, porem com o tempo todos os mineraes tornam-se soluveis. O material dissolvido pelas aguas é todo mineral, e de especies diversas conforme as rochas. Tem-se demonstrado que a agua passando pelo solo e pelas rochas dissolve parte dos mineraes n'ellas contidos. Isto é, a erosão, ou denudação chimica. Em alguns casos a rocha inteira é carregada em solução chimica, a solução actuando unicamente na superficie. Em outros casos a agua penetra na rocha e por um processo de selecção carrega apenas algumas partes deixando atraz outras. Este ultimo processo de

solução, decomposição ou alteração das rochas produz um ou mais dos seguintes resultados :

I. — A formação de solos residuarios.

II. — A formação de kaolin e argillas ou de outros mineraes de decomposição.

III. — A concentração dos mineraes não dissolvidos.

Os solos residuarios são os que se formam directamente das rochas dizendo-se que estão *in situ*, isto é na posição na qual originaram-se. Nas áreas em que os solos são assim formados *in situ* elles variam mais ou menos conforme a natureza das rochas das quaes são derivados. Os arenitos por exemplo, produzem pela decomposição solos arenosos; os schistos ou rochas argillosas produzem solos argillosos, etc. A terra roxa do estado de S. Paulo se encontra onde certas qualidades de rochas eruptivas tem soffrido decomposição, ou onde, depois de decompostas, têm sido levadas e depositadas em outros lugares.

O *kaolin* é um mineral definido formado por um processo de decomposição e recomposição chimica do mineral feldspatho. As seguintes analyses mostram a composição theorica de diversos feldspathos e do kaolin. Por ellas fica evidente que no processo de formação do kaolin o feldspatho perde parte da sua silica e toda a potassa, soda ou cal, e que ha uma tomada de agua.

Analyses mostrando as mudanças do feldspatho em kaolin.

COMPOSIÇÃO THEORICA DO FELDSPATHO

	Orthoclase		Albite		Anorthite		Kaolin
Silica	64.7		68.7		43.2		46.5
Alumina	18.4		19.5		36.7		39.5
Potassa	16.9	Soda	11.8	Cal	20.1	Agua	14.0

As seguintes analyses chimicas de gneiss fresco e alterado, ou decomposto, mostram bem este processo na natureza (1).

(1) G. P. Merrill. A *treatise on rocks, rock-weathering and soils*, p. 215. New-York, 1897.

	Gneiss fresco	Gneiss decomposto
Silica (SiO_2)	60.69	45.31
Alumina (Al_2O_3)	16.89	26.55
Ferro (Fe_2O_3)	9.06	12.18
Cal (CaO)	4.44	traços
Magnesia (MgO)	1.06	0.40
Potassa (K_2O)	4.25	1.10
Soda (Na_2O)	2.82	0.22
Acido Phosphorico (P_2O_5)	0.25	0.47
Agua (Perda por calcinação)	0.62	13.75

O mineral feldspatho é o ingrediente principal dos granitos e gneisses no Brasil e é frequente encontrar-se nestas rochas lugares (segregações) onde só existe feldspatho. Quando estas rochas soffrem decomposição forma-se kaolin da maior pureza ao longo destas linhas de segregação. A profundidade até onde se estende a decomposição das rochas varia muito; em alguns lugares pouco ou nenhuma ha, e as rochas duras se apresentam na superficie ; em outros lugares a decomposição tem penetrado até grandes profundidades. Em muitos pontos da cidade do Rio de Janeiro e na sua visinhança, como tambem nos estados do Rio de Janeiro, S. Paulo, Minas, Espirito Santo e outros, as rochas graniticas acham-se decompostas até á profundidade de trinta metros ou mais, e conhece-se muitos casos em que a decomposição estende-se até além de cem metros (1). Convém dirigir aqui attenção especial a este assumpto da profundidade da decomposição e tambem ás irregularidades que ella apresenta, afim de indicar as condições necessarias para poder esperar encontrar jazidas de kaolin. Pelo que já ficou dito é evidente que só devem ser procuradas em regiões de rochas feldspathicas decompostas. A profundidade em que hão-de ser encontradas dependerá da profundidade da decomposição das rochas, e a fórma dos depositos será determinada pelas fórmas das massas originaes de feldspatho.

Formam-se ás vezes depositos de kaolin pelo transporte e redepo-

(1) J. C. Branner. *Decomposition of rocks in Brazil. Bulletin of the Geological Society of America*, 1896. Vol. VII, p. 266.

O. A. Derby. *Decomposition of rocks in Brazil. Journal of Geology* 1896. Vol. IV. pags. 529-540.

sição, em fórma de sedimentos, do material destas jazidas originaes. A maior parte das argillas ordinarias, argillas dos oleiros, e dos fabricantes de tijolos é composta principalmente de kaolin misturado com alguma silica, ferro e varias outras impurezas.

A *concentração* é um outro resultado da retirada chimica de alguns constituintes das rochas. Se de uma massa dada de rocha forem retirados os mineraes mais soluveis, segue-se que os menos soluveis tornam-se mais abundantes na massa que resta. Este processo de solução e concentração tem tido o effeito de enriquecer e tornar mais valiosos muitos depositos mineraes que de outro modo seriam inaproveitaveis. Alguns dos depositos de manganez do Brasil tem sido enriquecidos pela perda por lixiviação dos elementos associados com o manganez deixando o minerio em fórma mais concentrada e por conseguinte mais valiosa. Os alluviões auriferos são ricos em proporção com a remoção da rocha sem valor na qual o ouro estava originalmente de permeio, porque de tal remoção resulta a concentração das particulas de ouro. Convém porém notar que neste caso entra tambem a concentração mechanica depois da desagregação, por processos chimicos, do minerio original. Os depositos diamantiferos do Brasil são enriquecidos pelos mesmos processos de alteração chimica e concentração mechanica dos diamantes.

Resultados mechanicos da solução.

Alem dos resultados chimicos ha outros que são pela maior parte mechanicos.

1.º Solução chimica ja foi tratada á pagina 36.
2.º Acanaladuras tambem á pag. 51.
3.º Estructura cavernosa.
4.º Engrandecimento dos valles.

A origem das grutas ou cavernas.

Cavernas ou grutas são de origens diversas, mas é conveniente tratar do assumpto de uma só vez.

As cavernas ou grutas podem originar-se de quatro maneiras :

I. — Pela solução subterranea de rochas.

II. — Por um curso de lava sahindo debaixo de uma crosta de lava esfriada.

III. — Pela acção mechanica das ondas nas costas altas.

IV. — Pela acção da atmosphera sobre escarpadas.

I. **Solução subterranea das rochas.** — Um dos effeitos locaes da erosão chimica é a formação de certas cavernas e sumidouros. As rochas calcareas são facilmente dissolvidas em agua contendo acido carbonico. Nas regiões calcareas a agua frequentemente

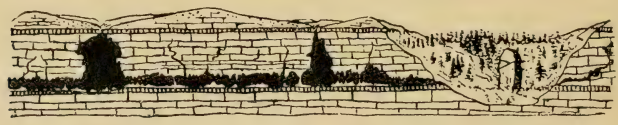


Fig. 32. — Secção atravez de uma região de rochas calcareas mostrando cavernas. Do lado direito existe um arco natural deixado pelo desgastamento de parte das rochas de uma caverna. *(Shaler.)*

penetra nas rochas pelas juntas e planos de estratificação e, dissolvendo uma parte da rocha, alarga estas aberturas até formar cavernas ou grutas de diversas dimensões. As taes cavernas são frequentemente de muitos kilometros de comprimento e tem cursos de agua correndo por ellas. Uma das cavernas mais notaveis do mundo é o Mammoth Cave no estado de Kentucky na America do Norte, que tem cerca de sessenta e cinco kilometros de galerias em que uma pessoa pode andar, além de muitos kilometros de galerias menores. Em alguns pontos esta caverna apresenta a altura de sessenta metros. Cavernas semelhantes, porém menores, se apresentam em diversos dos estados visinhos, sendo todas em regiões de rochas calcareas.

Nas cavernas das rochas calcareas o tecto frequentemente desaba,

ou fica penetrado por aberturas que ligam a caverna com a superficie do solo. Por estas aberturas a agua entra nas cavernas e muitas vezes acontece que a drenagem de uma região calcarea é feita principalmente por cursos subterraneos. Acontece ás vezes que estes sumidouros ficam cheios de terra e assim se formam pequenas lagoas nas suas bacias. As famosas cavernas da Lagoa Santa, da Lapa Nova de Maquiné e

Fig. 33. — Plano das cavernas da Lapa Vermelha, Lagoa Santa, estado de Minas Geraes. *(Reinhardt.)*

Lapa Vermelha e de S. José d'El-Rei no estado de Minas Geraes acham-se em rocha calcarea, como tambem as cavernas salitrosas de Minas septentrional (1).

No sul do estado de S. Paulo existem cavernas notaveis na bacia do rio de Ribeira de Iguape, especialmente na do rio Bethary ao norte de rio Iporanga. É uma região montanhosa e muito elevada que faz parte da grande Serra do Mar. As rochas da região são calcareas paleozoicas, crystallinas, dobradas e falhadas, e muitos dos cursos d'agua são subterraneos. Entre umas quaranta e tantas cavernas conhecidas estão as do Monjolinho que é secca, e de Santo Antonio da qual sahe o ribeirão do Sumidouro (2).

---

(1) Sobre as cavernas de Minas Geraes, véde Nelson de Sena no *Annuario de Minas*, II, 395-399, 1907.

2) Ricardo Krone. As grutas calcareas do Iporanga. *Revista do Museu Paulista*, III, 477-500. S. Paulo, 1898; e *Archivos do Museu Nacional*, XV, Rio de Janeiro, 1909.

O maior numero destas grutas de Iporanga tem agua, especialmente durante o tempo das chuvas. Essas cavernas são quasi todas forradas de estalactitos e estalagmitos de uma belleza extraordinaria. Talves não haja no mundo cavernas mais bonitas de que as desta região do Brasil.

O famoso sanctuario do Bom Jesus da Lapa na margem direita do rio S. Francisco no estado da Bahia acha-se numa caverna, num barranco de cerca de cincoenta metros de altura, aberta no calcareo siluriano superior daquella região (Vêde figura 129, p. 297).

A « caverna do Abreu » fica no valle do rio Salitre numa região de

Fig. 34. — Caverna de Abreu, Estado da Bahia. *(Crandall.)*

rochas calcareas no estado da Bahia, na fazenda Baixa Grande, uns cem kilometros a oeste de Villa Nova. Tem um comprimento de doze kilometros, com salas de diversas alturas e larguras, e as paredes são cobertas de estalactitos de formas esquisitas. A entrada é pela planicie do valle do rio Salitre, e o fundo da caverna fica uns trinta metros abaixo do chão e mais ou menos no nivel do rio Salitre. Logo na entrada é « o convento », com uma sala de trinta metros de diametro e altura de quinze metros. Ha um curso de agua ao longo de quasi todo o comprimento da caverna durante as chuvas, que desapparece nos tempos seccos.

As cavernas que dizem existir em Jacobina no estado da Bahia não são em Jacobina, mas sim numa fazenda chamada « Catinga do Moura » uns cincoenta kilometros a oeste de Jacobina, e mesmo no valle do rio Salitre, numa região de rochas calcareas.

No Ceará ha uma gruta chamada de Ubajárra na povoação de Jacaré, proxima a S. Benedicto, no serrote ao pé da Serra Grande.

Dizem que tem o comprimento de tres kilometros explorado, que tem um curso de agua, e que fica numa rocha calcarea. O

tecto e as paredes são encrustadas de estalactitos de formas caprichosas (1).

Existem notaveis exemplares de cavernas formadas pelo processo de alteração atmospherica nos granitos da Bahia perto da estrada de ferro central na estação Tanquinho, e nos rochedos graniticos da vizinhança de Quixadá no Ceará. Nestes casos, e nos outros deste genero, a rocha é sempre homogenea, e por conseguinte taes cavernas se acham as vezes nas rochas areniticas. Exemplares se encontram nas camadas terciareas ao sul de Natal no estado do Rio Grande do Norte no morro dos Morcegos.

Nestes casos as mudanças de temperatura e a acção chimica atacam as rochas em certos pontos mais susceptiveis; o mais resiste a tal acção. Geralmente a rocha decomposta, areia, etc., são levadas pelo vento (2).

II. **Cavernas em lava com crosta esfriada.** — Nas regiões vulcanicas quando acontece que a lava enche um valle estreito e endurece na superficie, a parte inferior é sujeita a correr por debaixo da crosta dura deixando uma caverna. Taes cavernas são communs nos Andes mas não são conhecidas no Brasil.

III. **Pela acção mechanica das ondas.** — Nas costas rochosas do mar a acção destructiva das ondas ás vezes ataca as manchas mais fracas das rochas, excavando assim cavernas que em regra geral apresentam pouca profundidade. (Vède figs. 22 e 23).

Por muitos kilometros ao longo da costa norte da ilha Trindade no norte de America do Sul as ondes do oceano cortarão nas piçarras ao pé da serra uma linha de cavernas no nivel d'agua. Na costa de Cabo Frio, Brasil, existem cavernas formadas desta mesma maneira.

IV. **Pela acção chimica da atmosphera.** — Em certos lugares, especialmente em regiões aridas e semi-aridas cavernas se formam em certas camadas horizontaes de sedimentos pela acção atmospherica em combinação com o vento.

---

(1) Pompeo de Souza Brasil. *Ensaio Estatistico*, pag. 55.
(2) Pompeo de Souza. *Ceará no começo do Sec. XX*, pag. 93.

A differença da resistencia ao tempo faz, ás vezes, com que se formem cavernas razas nos rochedos marinhos, e isto tem logar quando as rochas variam notavelmente na sua resistencia á acção do tempo.

Sumidouros. – Sumidouros formam-se, especialmente em regiões das rochas calcareas, pela solução subterranea e remoção da materia pelas aguas subterraneas. A's vezes os sumidouros são formados pelo desmoronamento dos tectos das cavernas, mas pela maior parte são as partes exteriores dos buracos ou tocas compridas pelas quaes as aguas escapam. Quando alargadas, as partes exteriores destes cursos apresentam uma fórma mais ou menos semelhante á de um funil pelo qual a agua pode entrar. Muitas vezes estes sumidouros tornam-se lagos pequenos.

Drenagem subterranea. — Em regiões de rochas calcareas muitas vezes os cursos de agua são quasi todos subterraneos.

Arcos naturaes. — Arcos naturaes são formas singulares que ás vezes se acham em regiões de rochas calcareas.

Deposição chimica.

Já se tem mencionado que a solução é devida a uma ou mais das causas seguintes ; acidos na agua, pressão, temperatura alta, temperatura baixa, reacções chimicas e solubilidade debaixo das condições ordinarias dos mineraes que formam as rochas. Segue-se dahi que *se forem removidas essas causas* o material mineral não póde mais continuar em solução e deve ser depositado. A deposição chimica portanto tem logar :

1. **Quando escapa o solvente.** — Se o poder dissolvente de

uma certa agua fôr devido principalmente á presença nella de bioxido de carbono, vai sem dizer que no caso de se remover o bioxido de carbono, ficará correspondentemente reduzido o poder dissolvente da agua. Acontece frequentemente que aguas subterraneas e das fontes contem muito carbonato de cal em solução. Quando estas aguas são borrifadas, onde, por exemplo, cahem sobre obstaculos ou em saltos, o bioxido de carbono escapa na atmosphera e, sendo assim diminuido o poder dissolvente da agua, uma parte da cal se deposita. Isto causa a formação de depositos de travertino nas cascatas.

Nas regiões calcareas onde existem cavernas acontece frequentemente que aguas carbonatadas, carregadas com cal, enfiltrem-se pelas rochas e pinguem dos tectos das cavernas. Quando essa agua fica exposta em pequenas gottas nas cavernas abertas, uma parte do seu bioxido de carbono escapa e dahi resulta a deposição de uma parte do carbonato dissolvido sobre o tecto da caverna. No correr do tempo este deposito no tecto cresce para baixo, podendo afinal alcançar o fundo da caverna. Chama-se estalactito um tal deposito. Quando essas aguas carbonatadas cahem sobre o chão, o borrifamento da agua causa uma outra deposição da rocha calcarea, e sobre o chão da caverna onde cahe a agua se formam depositos semelhantes. Estes se chamam stalagmitos. Quando os estalactitos crescendo para baixo encontram-se com os stalagmitos crescendo para cima, elles se unem para formar pilares ou columnas de pedra calcarea.

Quando as aguas carbonatadas correm pelas paredes das cavernas os depositos ás vezes encrostam estas paredes formando grandes lenções de travertino que se chamam, as vezes, « cascatas de rocha. » A Lapa Nova de Maquiné no estado de Minas foi descripta por Lund como sendo forrada por depositos bellamente translucidos de estalactitos (1). A mesma acontece em quasi todas as cavernas notadas a paginas 113 e 114.

Origem de travertino. — É de notar que, em fontes naturaes em regiões de rochas calcareas, muitas vezes existem em roda do lugar

(1) Pedro W. Lund. *Cavernas existentes do calcareo do interior do Brasil, Annaes da Escola de Minas.* N.° 3, pags. 61-91. Rio de Janeiro, 1884.

onde a agua escapa, depositos de um mineral esbranquiçado e molle. Com o tempo o mineral endurece e o monte vai crescendo. O deposito é devido ao facto de que a agua vem carregada de carbonato de cal em solução. Logo que a agua sahe do chão e encontra a atmosphera, o bioxido de carbono escapa, a agua não pode mais conter o mineral em solução, e fica o carbonato de cal logo depositado. Por este processo essas accumulações vão crescendo, trazendo o material do interior para superficie da terra. Este é o *travertino* ou tufo dos antigos. A's vezes estes depositos attingem tamanho quasi incrivel. Um caso notavel é o de Bagni e Tivoli na vizinhança da cidade de Roma na Italia aonde os depositos de travertino adquirem uma espessura e extensão que lhes dão grande importancia na architectura de Roma e das outras cidades naquella parte da Italia. O celebre colliseu ou amphitheatro de Vespasiano de Roma, e a cidade de Roma mesma, foram edificados de pedras vindas das pedreiras dos depositos travertinos de Bagni. Aquellas pedreiras ainda são aproveitadas para edificios, pontes, e outras obras de alvenaria.

II. **Quando abaixa a temperatura.** — As aguas quentes são geralmente mais chimicamente activas, do que as frias. Quando a agua entra no solo a sua temperatura é geralmente baixa, mas á medida que desce na terra encontra as rochas tepidas ou quentes do interior da terra e recebe um augmento de temperatura. O poder dissolvente da agua augmenta ao mesmo tempo, e esta agua profunda fica consequentemente capaz de dissolver muita materia mineral das rochas pelas quaes passa. No correr do tempo, porém, esta mesma agua approxima-se outra vez da superficie, e abaixando-se a sua temperatura, os mineraes são redepositados devido á diminuição do poder dissolvente da agua resfriada. E' em parte em virtude deste abaixamento da temperatura que se formam, geralmente, montes de materia mineral em redor das ventas de fontes quentes. Quando fôr alcalina a agua aquecida, ella dissolve a silica das rochas e os depositos formados onde a agua escapa são compostos principalmente de silica.

III. **Quando a temperatura eleva-se.** — Quando as aguas

contendo carbonato de cal são aquecidas este mineral é depositado logo que o bioxido de carbono tem uma opportunidade de escapar-se.

Nas regiões onde as aguas usadas para fins domesticos contém muita cal em solução encontra-se a cal precipitada nas paredes interiores das chaleiras e vasos constantemente usados para aquecer agua.

As caldeiras que usam aguas taes, são tambem frequentemente tão encrostadas com os depositos calcareos de maneira a seriamente affectar a efficiencia d'elles.

Estradas de ferro que atravessam regiões de aguas calcareas ás vezes têm muita difficuldade em supprir as caldeiras das locomotivas por causa das inscrustações depositadas pelas aguas depois de aquecidas.

Na região de rochas calcareas do interior do estado da Bahia, em muitos lugares as aguas dos rios são sobrecarregadas de cal por tal maneira, que quando expostas ao sol e aquecidas, o bioxido de carbono escapa e a cal fica depositada no fundo. Nos leitos dos rios estes depositos formam represas ou açudes naturaes, e muitas vezes enchem completamente os canaes dos rios. Naquella região as aguas das chuvas estão sempre atacando as rochas calcareas, e depositando a cal um pouco mais adiante. Devido á diminuição das chuvas daqualla região nos ultimos periodos geologicos, os rios não podem nem cortar os seus canaes nem mesmo conserval-os abertos. É um processo de aggradação ou de nivellamento chimico em escala extraordinaria (1).

IV. **Quando a pressão diminue.** — A agua que desce profundamente na terra por uma cavidade que está sempre cheia fica sujeita, á medida que desce, a uma pressão que augmenta constantemente. Como já foi mencionado, esta pressão augmenta grandemente a actividade chimica da agua. Quando, em tempo, a agua volta em direcção á superficie, o allivio da pressão hydrostatica diminue o poder dissolvente da agua e os mineraes em solução são redepositados.

V. **Quando se effectuam reacções chimicas.** — A depo-

(1) J. C. Branner. *Aggraded limestone plains of the interior of Bahia. Bulletin Geological Society America*, XXII, 187, 206, 1911.

sição póde tambem ser causada por muitas reacções ou combinações chimicas diversas. E' facto bem conhecido que certas soluções, quando misturadas, reagem entre si de modo a causar uma precipitação. Quando a agua que contem ferro dissolvido do solo ou das rochas fôr exposta por algum tempo ao ar, o ferro combina-se com o oxygeno do ar formando oxido de ferro que, sendo um mineral pesado, afunda-se na agua. Esta é uma especie de reacção chimica produzida pelo oxygeno, e ainda ha muitas outras.

Casos notaveis no Brasil são os recifes de pedra que seguem a costa do norte sobre uma distancia de 1.600 kilometros. Aquelles recifes são praias consolidadas. As areias estão misturadas com fragmentos de conchas, coraes, e outros restos calcareos.

Os rios naquellas partes da costa muitas vezes são tapados pelas vagas do oceano regeitando as areias. As aguas dos rios e das lagoas formadas por elles atraz destes diques naturaes contêm muito acido organico formado pela decomposição de plantas e outro material organico. Escapando na direcção do mar por meio das areias essas aguas atacam e dissolvem os fragmentos de conchas e pedra calcarea, e depois, sendo já carregadas de cal, encontrando as aguas densas e salgadas do mar depositam a cal nos intervallos entre os grãos de areia, assim formando rocha dura (1).

VI. **Quando as soluções ficam por muito tempo em repouso.** — Em alguns casos é evidente que os mineraes têm sido depositados de soluções que têm ficado por muito tempo em repouso. Encontram-se frequentemente nas cavidades das rochas, taes como geodes, forradas com crostas de quartzo, calcedonia e agata. Parece provavel que as soluções que depositaram estas crostas ficaram por muito tempo sem serem perturbadas.

VII. **Concentração de soluções por evaporação.** — A evaporação é um phenomeno limitado quasi exclusivamente ao exterior da superficie da terra, e é especialmente activa nas regiões aridas. Quando

(1) J. C. Branner. *The stone reefs of the coast of Brazil. Bulletin of the Geological Society of America*, vol. XVI, 1-12, 1905.

a agua que contem em solução materia mineral fôr exposta ao ar secco, ella se evapora: se a evaporação fôr continuada por bastante tempo, a solução ficará tão concentrada que não póde mais reter a substancia dissolvida e esta se deposita, usualmente em forma de crystaes. O processo é bem illustrado com a agua do mar que contém muito sal em solução.

Afim de obter o sal na sua forma crystalisada basta expôr a agua do mar ao ar secco até ficar concentrada pela evaporação até o ponto em que o sal não fôr mais soluvel, quando elle se depositará em forma de crystaes. Deste modo se formam certos depositos de valor economico; taes como os depositos de borax, e as camadas de nitro do Chili. Do mesmo modo se originaram tambem as grandes camadas de sal e muito do gesso do mundo.

A acção chimica nos lagos salgados.

Os lagos salgados podem ter a sua origem: 1° — pelo desmembramento de um braço do mar; 2° — pela concentração da agua doce; 3° — por alguma combinação dos dous processos.

1. **Desmembramento de um braço do mar.** — O sal existente nas aguas dos nossos mares actuaes deve ter sido contido originalmente nas rochas da terra. Destas rochas tem sido lixiviado pelas aguas e tem sido concentrado nos mares. A concentração póde ser levada ainda mais longe pela evaporação artificial da agua marinha; de facto, como já mencionado, se a evaporação proseguir o sal se separa em forma crystalina. Não é raro encontrar nas rochas das costas do Brasil depressões cheias de agua salgada carregada em borrifos pelo vento além da linha d'agua. Durante a estação secca a agua nestes poços se evapora deixando as bacias forradas com crystaes de sal commum.

A evaporação é necessariamente mais rapida nas regiões aridas. Por este motivo as aguas dos mares em taes regiões que se ligam com o oceano através de canaes estreitos que impedem a circulação livre, são muito mais densas, isto é, contêm maior quantidade de mineraes dissolvidos, do que a do alto mar. As aguas do Mar Vermelho, por exemplo, são mais salgadas do que as do Oceans Indico. A agua do Mediterraneo está constantemente diluida pela agua doce de muitos rios que nelle desaguam, mas mesmo assim, por se achar n'um clima quente e um tanto arido e por ser ligado com o Atlantico pelo estreito delgado de Gibraltar, as aguas deste mar são muito mais salgadas do que as do Oceano Atlantico. Mesmo no alto mar existem em certas areas aguas mais salgadas do que em outras. Uma destas areas de alta densidade acha-se junta da costa do Brasil desde um ponto logo ao sul da foz do Amazones até um outro ponto no sul do estado da Bahia. A maior densidade da agua ao longo desta costa é devida ao facto da corrente oceanica que lava a região nos arredores do Cabo de São Roque vir da costa da Africa atravessando toda a largura do Oceano Atlantico por debaixo da zona equatorial onde a evaporação é muito grande. O resultado desta longa viagem debaixo do equador é que com o tempo gasto em alcançar a costa brasileira as aguas da corrente ficam muito concentradas.

Ha, portanto, duas razões fortes para a existencia da industria do fabrico de sal na costa do estado do Rio Grande do Norte: a primeira é que a agua ahi é mais densa do que em outras secções da costa do Brasil, é a segunda é que o clima desta parte do Brasil é muito secco durante uma parte do anno.

Pelas considerações acima fica evidente que no caso de ficar separado do oceano qualquer corpo menor de agua salgada, especialmente se fôr n'um clima arido, a evaporação rapida causará uma concentração igualmente rapida da agua, e por ultimo a crystalisação e deposição da materia dissolvida. Se n'um tal braço de mar desaguam cursos de agua doce, estes tenderão a diluir a agua salgada e retardar a deposição do sal.

Se o influxo da agua doce fôr mais rapido do que a evaporação, o lago salgado ficará no correr do tempo convertido em um de agua doce.

II. **Concentração da agua doce.** — Já se tem mencionado que toda a agua das fontes e cursos contêm mais ou menos sal em solução; encontram-se tambem commummente em taes aguas diversos outros saes, especialmente sulphato de magnesia e carbonato de cal. Se taes cursos de agua formam lagos e estes lagos soffrem evaporação, segue-se que no correr do tempo, a agua ficará mais fortemente carregada com estes mineraes, e teremos deste modo lagos salgados formados directamente de agua doce. Se, porém, a bacia do lago tem um escoadouro a agua retem o seu caracter de doce porque não fica bastante tempo na bacia para se concentrar ao ponto de se tornar salina.

Encontram-se na Terra Santa bons exemplos das duas especies de lagos: o Mar de Gallileo é um lago de agua doce com a sua bacia transbordando através do rio Jordão; estas mesmas aguas entram no Mar Morto, lá se evaporam e formam uma agua salgada muito concentrada.

Na America do Sul a influencia das condições climatologicas sobre os cursos d'agua é bem illustrada nos tributarios do Rio Paraguay. Os cursos que entram naquelle rio provenientes das regiões chuvosas do Brasil são todos de agua doce, ao passo que os que atravessam as regiões aridas da Argentina septentrional são todos mais ou menos salobres.

Um dos exemplos mais notaveis da influencia de evaporação sobre a agua doce é o do Grande Lago Salgado de Utah na America do Norte. Antigamente era um lago d'agua doce, enormemente maior do que actualmente, e desaguava por intermedio do Rio Snake no Rio Columbia e no Oceano Pacifico. Agora está reduzido pelas evaporações a uma vigesima quinta parte do seu tamanho original. A sua area primitiva era de cento e vinte e cinco mil kilometros quadrados, ao passo que actualmente è de cinco mil apenas, e a sua agua, que era doce, é agora muito mais salgada do que a do oceano.

A origem de depositos de sal. — Visto que a agua do mar afim de depositar o sal tem de perder por evaporação mais do que oitenta por cento de seu volume, e que o sal se dissolve facilmente na agua do mar, é evidente que os depositos de sal não podem se formar no alto

mar. Só se podem formar onde a agua salgada fôr isolada do oceano e evaporada até uma densidade muito maior do que a da agua do mar. Existem em muitas partes do mundo depositos de sal nativo de notavel espessura. No estado de Nova-York na America do Norte ha camadas de sal de vinte até noventa e sete metros de espessura; na Louisiana as camadas de sal apresentam espessura de quinhentos e sessenta e nove metros: na Hespanha perto de Barcelona são de noventa e um e meio até cento e vinte e dois metros em espessura e em Stassfurt na Allemanha apresentam a enorme espessura de mil e quatrocentos e sessenta e dois metros. Estas enormes camadas de sal não podiam ser formadas pela evaporação de uma unica bacia cheia de agua ordinaria do mar. Para produzir uma camada de sal da espessura de um metro seria necessaria a espessura de oitocentos e vinte e dois metros e um decimo (822.1^{m}) de agua do mar, As camadas de Barcelona exigiriam uma espessura de agua de duzentos e quarenta e seis mil seiscentos e trinta metros (246.630^{m}) que é muito maior que a profundidade do oceano mais fundo. (A parte mais funda do Oceano Pacifico tem oito mil quinhentos e dezoito metros ($8,518^{m}$).

O processo pelo qual se formaram estas camadas grossas devia ter sido continuo, mais ou menos semelhante ao que se observa, pelo menos em parte, na Lagoa Rodrigo de Freitas perto do Rio de Janeiro. Nas condições ordinarias esta lagoa não se acha ligada ao oceano, porém por occasião de marés muito grandes a agua do mar transborda a restinga de areia que a separa do oceano, entra na lagoa e suppre a agua perdida pela evaporação. Se este lago fosse muito grande e se o clima fosse arido, a agua ficaria logo concentrada no ponto de deposição do sal, e o processo continuaria emquanto a agua continuasse a entrar e evaporar-se. Visto que o sal só se fórma naturalmente em regiões aridas, a existencia de camadas grossas desta substancia em diversas partes do mundo geralmente indica a aridez antiga das regiões em que se encontram as camadas de sal.

Existem tambem outros depositos de sal que parecem provir de aguas quentes e salgadas subindo de grande profundidade e deixando crystallizar o mineral ao passo que se approximam á superficie do solo.

Estas formações, uma especie de concreção em escala grande, occorrem no estado de Louisiana na America do Norte (1).

Fabricam o sal em muitos lugares aridos no interior da Bahia onde a agua, passando por cima das rochas sedimentarias contendo um pouco de sal, forma lagoas pequenas. Evaporada a agua naquella região arida, fica o sal concentrado e depositado na terra no fundo das lagoas. Esta terra salgada é apanhada e lixiviada com agua, e depois de evaporada, deposita o sal. Estas terras salgadas abundam na bacia do rio Salitre e por toda a zona arida ao longo do rio São Francisco, onde o fabrico do sal já foi uma industria importante.

Parece porem que o sal só se acha na vizinhança das rochas calcareas.

Lagos alcalinos. — Não é sómente o sal commum que as aguas subterraneas tiram por lixiviação das rochas, mas tambem qualquer outro mineral que se dissolve com facilidade. As aguas da drenagem de uma região sedimentaria geralmente produzem sal commum quando são concentradas, mas as que drenam regiões de rocha eruptivas nas quaes predominam os carbonatos alcalinos tornam-se alcalinas quando evaporadas.

Lagos de borax. — Quando as aguas correm ou escoam pelas rochas que contêm mineraes de borax (boratos) produzem, pela evaporação, aguas fortemente boratadas e mineraes de borax. O borax do commercio era antigamente retirado dos sedimentos encontrados no fundo de certos lagos desseccados das regiões aridas. Actualmente é produzido pela perfuração de poços nos valles de certas regiões aridas e pela evaporação da agua obtida.

Lagos amargos se formam dos lagos salgados por uma concentração mais adiantada, depois da precipitação do sal commum. Contêm diversos mineraes mais soluveis do que o sal commum, taes como o sal de Glauber (sulphato de soda) e sal de Epsom (sulphato de magne-

(1) G. D. Harris. *Immense salt concretions. Popular Science Monthly*, February, 1913, pags. 187-191.

sia). Na excavação do canal de Suez foram cortados diversos lagos amargos. O Mar Morto da Terra Santa é um exemplo de um lago amargo.

O ponts principal de interesse relativo a todos os lagos de aguas mineraes é que o seu conteúdo mineral foi derivado das rochas sobre e através das quaes as suas aguas tinham corrido, e que a natureza deste conteúdo mineral varia conforme a variação das rochas.

A profundidade a que penetra a agua. — A profundidade a que penetram na terra as aguas superficiaes fica suggerida, de algum modo; (I) pela temperatura das fontes quentes, e (II) pela profundidade da alteração das rochas pelo tempo.

Aguas quentes. — Nos poços fundos e nas minas se observa que a temperatura da terra augmenta com a profundidade em uma marcha que varia localmente, mas que em termo médio, regula ser cerca de um grau centigrado para cada 27.43 metros abaixo do nivel da temperatura constante. As aguas das fontes quentes, especialmente as que não se acham nas visinhanças de actividades vulcanicas, são consideradas como subindo do interior aquecido da terra depois de terem descido da superficie.

A temperatura das aguas thermaes de Poços de Caldas no sul de Minas é de 46 graus. Tomando 20° como temperatura normal na superficie do chão temos uma differença de 26 graus acima do normal e 26×27.43 metros egual 713 metros, a profundidade em que a temperatura de 46 graus deve encontrar-se. É preciso lembrar, porém, que a marcha da temperatura de cima para baixo é muito variavel de um lugar para outro.

A profundidade da alteração das rochas suggere que as aguas superficiaes penetram pelo menos até a profundidade na qual as rochas se acham assim affectadas. No Brasil os córtes e tunneis na Estrada de Ferro Central mostraram que em muitos lugares as rochas são alteradas até a profundidade de trinta metros. Sondagens feitas nas regiões carboniferas do Rio Grande do Sul mostraram decomposição na profundidade de cento e vinte (120) metros, e em algumas das minas de Minas Geraes as rochas foram encontradas amollecidas até á profun-

didade de cento e vinte e dois (122) metros. Em outras partes do mundo tem-se referido alterações das rochas em profundidades ainda maiores, indo até quatrocentos e sessenta (460) metros. Estas mudanças são produzidas pela penetração até essas profundidaes das aguas superficiaes.

A actividade chimica das aguas superficiaes produzem os seguintes resultados geraes:

1. As rochas são dissolvidas em um lugar e depositadas em outro.

2. Os materiaes mais soluveis são removidos em primeiro e os menos soluveis em ultimo lugar.

3. O processo de solução produz cavernas, sumidouros, e canaes subterraneos.

4. Os mineraes dissolvidos são depositados posteriormente nas fendas e vieiros e na fórma de accumulações superficiaes.

5. Levam materia em solução para o oceano onde

a) fica em solução,

b) está absorvida por animaes e plantas,

c) está precipitada de outro modo.

Resumo das operações dos agentes chimicos.

- Agentes chimicos (não incluindo as altas temperaturas)
  - Solução por
    - Acido carbonico (CO_2) do ar e de origem organica
    - Acido nitrico de descargas electricas
    - Acidos organicos
      - Acido carbonico no solo
      - Acido carbonico proveniente da decomposição organica
      - Acido humico no solo proveniente de plantas e animaes
    - Augmento de pressão
    - Augmento da temperatura
    - Diminuição de temperatura
    - → Resultados
      - Productos residuarios
      - Productos de alteração
  - Deposição por
    - Escapamento do solvente formando travertino, stalactites
    - Abaixamento de temperatura formando travertino, vieiros
    - Augmento de temperatura formando carbonatos
    - Diminuição de pressão formando vieiros
    - Reacções chimicas
    - Descanço de soluções
    - Evaporação e concentração
    - → Resultados: novos mineraes.

Agentes igneos ou altas temperaturas.

O interior da Terra.

Que o interior da terra é muito quente é mostrado pelos seguintes factos :

I. — Pelo augmento da temperatura com o da profundidade.

II. — Pelos vulcões e os phenomenos que os acompanham, a saber : vapor, gazes quentes, e rochas fundidas.

III. — Pelos geysers e outras fontes quentes que trazem para a superficie aguas de alta temperatura.

IV. — Pelas posições e caracteres de certas rochas, taes como as dos diques e dos lençóes de lava, que têm evidentemente estado em condição de fusão e ligadas com massas que penetram profundamente na crosta da terra.

Julga-se, que o interior aquecido da terra tivesse tido grande influencia sobre os climas do globo. Pode ser que esta influencia fosse grande nas épocas primitivas da historia da terra, porém actualmente não tem mais importancia.

Theorias relativas ao interior da terra.

Entre as muitas theorias que de vez em quando se avançam relativas ao interior da terra, quatro merecem menção.

I. — A theoria de um *interior fluido* e de uma *crosta rigida* recebeu o seu apoio principal do caracter das lavas que surgiram em forma de rocha fundida, e apparentemente provenientes do interior profundo da terra,

As altas temperaturas encontradas em grandes profundidades e as aguas quentes que surgem da terra parecem prestar apoio a esta theoria. A terra, porém, não se comporta como um globo fluido porque se fôsse, seria affectada, dentro da sua massa plastica, pelas marés; isto é, as influencias astronomicas que produzem as marés do oceano fariam o papel de um freio por causa da fracção interna, e o globo deixaria de revolver. Portanto não se considera mais sustentavel a theoria do interior fluido do globo.

II. — A segunda theoria é que o globo seja tão *solido quanto um globo de vidro ou de aço*. Tira-se esta conclusão da sua exempção aos effeitos das marés e do seu comportamento como um planeta tendo um movimento de revolução. Julga-se que se fosse fluido o interior da

terra, as rochas fundidas retardariam o movimento ao redor do seu eixo pondo afinal termo a revolução. Pode-se formar uma idéa da efficiencia desta lei pela seguinte experiencia simples. Se um ovo fôr cozido até ficar duro, e então posto em rotação sobre uma placa lisa ou um pedaço de vidro, elle continuará por algum tempo a revolver livremente. Se, porém, tentamos revolver da mesma maneira um ovo crú, verificamos que é impossivel fazel-o revolver por tanto tempo como faz o ovo cozido. A razão deste comportamento é que sendo fluido o material do ovo crú, se produz fricção interna quando fôr revolvido rapidamente, ao passo que sendo solido o ovo cozido, não ha fricção interna para retardar a sua revolução.

Deste ponto de vista a theoria do globo solido parece satisfazer as exigencias do caso. Oppunha-se, porém, a esta theoria do globo rigido a consideração que existe evidencia concludente que o globo não é perfeitamente rigido. Em todas as partes da terra encontram-se evidencias incontrovertiveis de elevações e depressões da superficie. Estes movimentos tem sido sufficientes para levantar camadas que foram originalmente depositadas no oceano até elevações de mais de tres mil metros acima do nivel do mar, sendo bastante provavel que os deslocamentos da crosta da terra tenham-se estendido a uma distancia egual por debaixo do nivel do oceano.

Os movimentos da crosta da terra mostram, portanto, que o globo não é perfeitamente rigido : que elle seja tão rigido como seria um globo de vidro ou aço do mesmo tamanho pode-se admittir, se um tal globo fôr capaz de permittir as elevações e depressões acima referidas e das quaes existem provas satisfactorias.

III. — Uma outra theoria é que a crosta e o centro da terra são solidos tendo uma camada fundida entre si. A esta hypothese se oppunha a consideração que um tal globo não acabaria com as difficuldades de retardamento por fricção interna de um corpo rotatorio, visto que deixa a crosta da terra livre para mover-se ao redor do seu centro.

IV. — A quarta theoria é que a alta temperatura deve-se á presença de rádio (radium). Sobre este ponto é preciso esperar mais

experiencias e melhor conhecimento da natureza e acção do radio na crosta da terra. Porém já temos muitos estudos sobre este assumpto (1).

V. — Que as duas quintas partes do rádio do globo no centro é de materia differente da parte exterior. Esta conclusão está hoje bem estabelecida pelo estudo da marcha de tremores da terra. De um tremor partindo de um certo ponto e passando para o lado opposto do globo por diversos caminhos, alguns chegam atrazados, de maneira a demonstrar que têm passado pelo meio de materia differente daquella pela qual os outros passaram (2).

VI. — *A theoria de um globo solido com bolças locaes* de rocha fundida parece satisfazer melhor do que outra qualquer as exigencias do caso; pois por ella se elimina as difficuldades da fricção interna. E' tambem provavel que a maior parte destas bolças estejam apenas temporariamente na condição fundida, como está explicada na pagina seguinte.

Marcha do augmento da temperatura. — Existe uma camada externa, porém muito delgada, da crosta da terra que se acha sujeita ás mudanças diarias de temperatura. Debaixo desta camada não penetra o aquecimento diario pelo sol e o resfriamento que usualmente tem lugar á noite. A espessura desta camada de mudança diaria é apenas de poucos centimetros. Nas regiões temperadas da terra, porem, o anno se divide em seis mezes de tempo mais quente e seis mezes de tempo mais frio. As mudanças annuaes de temperatura penetram na crosta da terra até á profundidade de quinze metros na latitude de Nova York; mais ao norte a penetração da mudança annual é ainda maior, ao passo que nos tropicos é de cerca de um metro apenas. Estas mudanças superficiaes são exclusivamente devidas a influencias externas ou solares.

Abaixo do limite de mudança annual, ou abaixo do nivel de ne-

---

(1) J. Joly. *Radioactivity and geology*. London, 1909.
O. Fisher. *Nature*, vol. 76, 1907, pags. 8, 55, 102.
T. C. Chamberlin. *Journal of Geology*, XIX, 673-695. 1911.
(2) R. D. Oldham. *Quarterly Journal Geological Society*, London, LXII, 456-475. 1906.

nhuma mudança de temperatura, a das rochas augmenta e continua a augmentar a medida que se penetra nellas. A marcha do augmento da temperatura, porém, varía em diversos lugares e em diversas profundidades no mesmo logar. As seguintes são as profundidades para um augmento de um grau centigrado dos lugares mencionados: Norte de Inglaterra, 26.9 metros; Novo Galles do Sul, 44 metros; Schladebach perto de Leipzig, Allemanha 30.7 metros; minas de cobre de Michigan, America do Norte, 123 metros; em muitos poços artesianos cerca de 27 metros; na mina de Morro Velho no estado de Minas Geraes, Brasil, na profundidade de 1.200 para 1.500 metros é 70.9 metros.

Estas grandes differenças podem ser devidas ou á conductibilidade variavel das rochas, ou ás condições variaveis que produzem as altas temperaturas, sejam quaes forem estas condições.

No Brasil temos sobre este ponto umas observações feitas na serra do Caraça do estado de Minas Geraes no anno de 1849. O auctor destas notas mandou fazer tres sondagens perto das minas de Agua Quente com as respectivas profundidades de 0.91, 1.83, e 2.74 metros, e nestas observou as temperaturas desde 22 de Maio até 13 de Julho de 1849 (1).

RESULTADOS

PROFUNDIDADE EM METROS	EXTREMOS de TEMPERATURA CENTIG.	VARIAÇÃO de TEMPERATURA CENTIG.
Atmosphera.	6.11 a 23	16.89
0.91.	21.72 a 23.16	1.44
1.83.	21.44 a 22.0	0.56
2.74.	21.66 a 22.11	0.45

Embora estas observações sejam poucas, é claro que a mudança de temperatura devida ao clima vai diminuindo da superficie para

(1) W. J. Henwood. *Transactions of the Royal Geological Society of Cornwall*, VIII, Pt, II, 767-780. Penzance, 1871.

baixo rapidamente, e que na profundidade de uns tres metros a mudança deve ser nulla. É de notar porém que a natureza das rochas e o tempo do anno devem influir nestes resultados.

O mesmo auctor notou as seguintes temperaturas das aguas tiradas das minas de Agua Quente perto destas mesmas sondagens (1).

TEMPERATURAS DAS AGUAS DAS MINAS DE AGUA QUENTE

PROFUNDIDADE EM METROS	TEMPERATURA C. D'AGUA	TEMPERATURA DO AR
12.6	33.3	15.7
18.0	30.0	
27.0	31.1 a 35.5	
32.4	32.7	
43.2	29.4	
46.8	32.5	
50.4	33.3	

Nas minas de Morro Velho no estado de Minas Geraes, que são as mais profundas no Brasil (1.500 metros no anno 1913), a temperatura das rochas vai crescendo com a profundidade. Na profundidade de 1227 metros a temperatura, na occasião de abrir a mina naquelle nivel, foi de 36.63 graus centigrados; na profundidade de 1.500 metros foi de 40.5 graus. Depois de aberta a entrada do ar para a ventilação, vão esfriando as rochas uns seis ou sete graus (2).

A maior parte das nossas rochas podem ser fundidas na temperatura de 1,648° centigrado. Na hypothese de ser o augmento de temperatura, com a profundidade na razão de um grau para 27.43 metros, a temperatura de 1,648° — sufficiente para fundir rochas — seria encontrada na profundidade de $1,648 \times 27.43 = 45,204$ metros. Podia-se suppor portanto, que na profundidade de 45,204 metros as rochas esta-

(1) W. J. Henwood. *Op. cit.*, p. 725-732.

(2) Estes dados interessantes foram fornecidos por Dr. George Chalmers, gerente da companhia.

riam n'uma condição fundida. Como, porém, as rochas se expandem no acto de fusão, os 45,204 metros de rocha acima deste plano deve elevar o ponto de fusão pela sua grande pressão. Fica, portanto, exigido uma profundidade maior para alcançar uma temperatura sufficiente para fundir as rochas. Esta maior profundidade porém, augmenta a pressão das camadas sobrepostas, e o ponto de fusão avança, portanto, até uma profundidade ainda maior.

Devido á impossibilidade da reproducção no laboratorio das condições complexas das partes profundas do interior da terra é difficil raciocinar em relação a ella com muita confiança.

Fusão devida ao allivio de pressão. — Parece rasoavel suppor, do que acima ficou dito, que podemos ter rochas infusiveis na temperatura de 2,000° quando sujeitas a uma pressão dada, mas fusiveis quando a metade daquella pressão fôr removida. Pode ser que seja isto a explicação da natureza local dos phenomenos vulcanicos sobre o globo. Em cada paiz encontramos provas da pressão lateral á qual as rochas tem sido sujeitas : em alguns lugares as camadas têm sido levantadas em dobras bruscas e elevadas milhares de metros acima dos oceanos debaixo dos quaes estavam originalmente depositadas ; em outros lugares as camadas estão quebradas por este empuxo e empurradas umas adiante das outras. Estes empuxos lateraes nas rochas devem, aqui e acolá, alliviar a pressão sobre as camadas subjacentes, e se estas camadas forem impedidas de se fundirem por causa da pressão sobre si, tal allivio permittiria a passagem das rochas quentes para o estado de fusão.

Em apoio desta theoria vem o facto que a actividade vulcanica sobre o globo acha-se principalmente limitada ás regiões de quebramento, dobramento e escorregamento. Em todo caso os phenomenos igneos, ou os devidos a alta temperatura, provêm, pela maior parte, de um nivel profundo, não obstante elles se manifestarem frequentemente na superficie.

Os vulcões e o seu trabalho geologico.

Os vulcões não são agentes tão activos como geralmente se julga na formação das rochas e das montanhas. Em alguns paizes elles são abundantes e por causa de suas actividades elles impressionam sobremaneira o espirito e a imaginação do homem.

Com relação á formação das montanhas do Brasil elles são de pouca importancia. Em toda a região dos Andes porem são de primeira importancia.

Vulcões podem ser classificados como :

I. — Activos.

II. — Extinctos ou dormentes.

Vulcões activos. — Um vulcão é usualmente um morro ou uma montanha conica com um ou mais orificios pelos quaes rochas fundidas, gazes e cinzas escapam do interior aquecido para a superficie.

A montanha ou morro é o resultado, e não a causa, ou mesmo uma parte essencial, do vulcão.

Erupções. — Os vulcões são mais ou menos espasmodicos em suas actividades. Em alguns vulcões se tem observado uma tal ou qual periodicidade, porém estes periodos variam muito. Por exemplo, o Stromboli na Italia faz erupções uma vez no intervallo de quatro a dez mezes, emquanto o Kilauea das Ilhas Hawianas faz erupção uma vez em cada oito ou nove annos. A sequencia dos eventos por occasião de uma erupção é usualmente como se segue : (1) estrondos, (2) choques de tremores de terra, (3) a emissão de vapores pelo vulcão, (4) explosões com ejecções de fragmentos de rochas, (5) a elevação de lavas, (6) transbordamento de lava, (7) descahimento da erupção. Quando uma erupção fôr quieta a lava pode escorrer sobre o bordo da cratera, ou labio do vulcão, e póde esfriar-se como um lençol de lava sobre os declives do cone, ou ella póde escorrer para baixo nos valles da vizinhança. Algumas vezes a lava escorre de fendas nos lados da montanha. A pressão hydrostatica da lava no interior de um alto vulcão é enorme. Muitos dos picos ingremes dos Andes são vulcões e uma

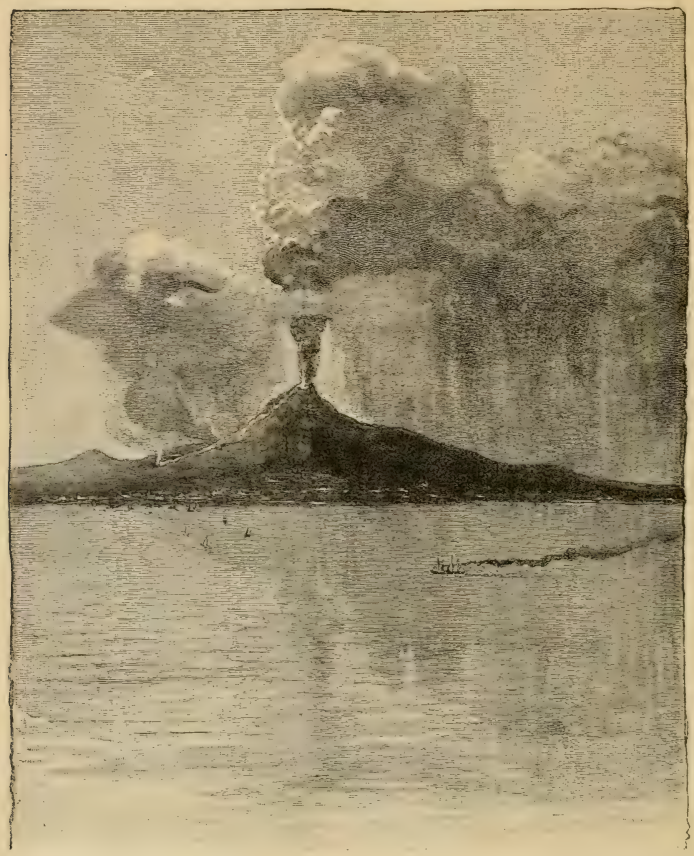


Fig. 35. — O Monte Vesuvio em erupção. De uma photographia tirada em Napoles a 26 de Abril de 1872.

idéa da pressão da lava dentro delles póde ser tirada de sua elevação. O Cotopaxi tem 5,978 metros de altura; o Chimborazo 6,243 metros; o Antisana 5,893 metros; e o Cayambe, 5,847 metros. A grande força necessaria para erguer a lava até o topo de uma cratera com essas elevações frequentemente arrebenta os lados das montanhas e a lava escapa pelas fendas assim formadas.

Os materiaes das erupções vulcanicas são (1) lavas, (2) ejectamentos fragmentarios, (3) inclusões, (4) gazes, vapor, etc.

(1) *Lavas.* — Quasi todas as rochas podem ser fundidas em fogo bastante quente e as lavas são simplesmente rochas que foram fundidas por uma temperatura muito alta. O caracter e comportamento da lava depende em grande parte da porção d'agua que contem. Quando contem muita agua, é perfeitamente liquida e grande parte della é arremessada como pedra pomes e poeira; emquanto a lava que não contem senão pouca agua requer uma temperatura muita alta para fundil-a e é antes viscosa do que muito fluida. Quando as lavas vasam dos vulcões obedecem, de uma maneira geral, ás leis da hydrostatica, e escorrem pelos declives abaixo para os valles e outras depressões. A frente de um curso de lava entretanto não é achatada como a de um curso de agua, porém vertical e dependurada sobre as arestas com uma altura que ás vezes attinge de tres até sete metros ou mais. Tambem acontece que a superficie se resfria rapidamente emquanto a grande massa de baixo está ainda se movendo, resultando dahi o quebramento da crosta da superficie em massas angulares e denticuladas de todos os tamanhos e formas.

Quando as erupções são grandes e a lava fluida, a rocha fundida se espalha sobre areas extensas da circumvizinhança enchendo os valles e forcando os cursos d'agua a procurarem novos canaes. Algumas vezes as lavas escorrem atravez dos valles fazendo represas atraz das quaes são gradualmente formadas lagos.

Dois dos maiores lençoes de lava no mundo são os da India e da America do Norte. O primeiro cobre uma area de quinhentos e dezesete mil e novecentos kilometros quadrados com uma profundidade, que varia de trinta até mil oitocentos e vinte oito metros. O grande lençol de lava da parte noroeste do occidente da America do Norte

cobre uma area de trezentos e oitenta e oito mil e quatrocentos kilometros quadrados.

(2) *Os ejectamentos fragmentarios* dos vulcões consistem de pedaços de rochas de varias dimensões e formas e conhecidos por outros tantos nomes differentes, taes como *lapilli*, *bombas*, *cinzas*, etc. O que se chama « fumaça » e « cinza », são pela maior parte sómente os fragmentos muito miudos de rochas fundidas que foram arremessados ao ar pelas explosões debaixo da massa fundida dentro da cratera.

Estes fragmentos são às vezes arremessados a uma elevação de 6,000 metros acima da cratera (1).

Quando esses materiaes miudos cahem sobre a terra são algumas vezes soprados em dunas pelo vento. Quando cahem na agua fazem depositos estratificados que se assemelham em estructura com as camadas sedimentarias. Elles são então chamados tufos estratificados. Quando cahe chuva atravez das nuvens de cinza miudas, ella vem semelhante a lama.

As chuvas de cinza que cahem na vizinhança de alguns vulcões contribuem muito para o damno feito pelas erupções. E' de todos conhecida a destruição por cinzas vulcanicas das cidades romanas Pompea e Herculano. Em Herculano os depositos de cinzas apresentam a espessura de vinte a trinta e quatro metros.

Quando a poeira é muito miuda ella frequentemente se eleva até grandes alturas e se espalha sobre areas enormes. Entre as erupções desta natureza registradas uma das mais notaveis foi a do Krakatoa (Agosto de 1883) na qual a poeira ergueu-se a uma altura tal que coloriu o céo por sobre todo o mundo durante tres mezes. Conforme a estimativa, esta fina poeira ergueu-se a uma altura de mais do que trinta e dois mil metros, emquanto a materia pesada na vizinhança immediata foi arremessada a uma altura de cerca de cincoenta mil metros.

(3) *Inclusões.* — As inclusões, como o nome indica, são pedaços

(1) E. Whymper. *Travels amongst the great Andes*, pags. 125, 141, 326, 328, 330. New York, 1892.

de rocha de natureza differente da lava, trazidos para cima dentro da massa desta. Estas inclusões são simplesmente fragmentos quebrados dos lados da abertura na crosta da terra atravez da qual a lava sahe. Ellas podem ser de qualquer especie de rocha — quer eruptiva, quer sedimentaria. Não é pouco frequente ellas conterem restos de animaes e plantas. A's vezes se encontram conchas nas inclusões em redor do Monte Vesuvio. Julgou-se primeiramente que estas conchas provinham do mar e que entraram no vulcão por algum canal subterraneo. Ellas são derivadas das rochas atravez das quaes a lava passa no seu caminho para a superficie.

(4) *Gazes e vapor.* — Quando as rochas quentes chegam em contacto com a agua dos lagos, dos cursos terrestres ou do mar, forma-se vapor. A chuva cahindo sobre os materiaes soltos que cobrem rochas aquecidas penetra-os, formando vapor quando alcança as lavas quentes.

As explosões são frequentemente causadas pela formação subita do vapor sob pressão.

Os gazes produzidos pelos vulcões são de diversas naturezas. Alguns delles são altamente explosivos. A devastação e enorme destruição de vidas nas Ilhas da Martinica e S. Vicente nas Indias Occidentaes em Maio de 1902, parece ter sido causada por gazes explosivos. A cidade de St. Pierre na Martinica foi completamente destruida e os seus 30,000 habitantes foram mortos em menos de tres minutos (1).

Picos vulcanicos. — Os picos vulcanicos são feitos pelos ejectamentos que provêm de aberturas, ou ventas na terra. As lavas escorrem para fóra e esfriam-se; as cinzas e os blocos soltos são arremessadas para fóra pelas explosões, e emquanto os materiaes mais miudos podem cahir longe da bocca, a parte maior e mais pesada cahe perto da bocca ao redor da qual gradualmente forma-se um cone. Novas lavas escorrem e juntam-se a este cone e novas erupções empilham mais cinzas. Os picos vulcanicos mais altos são os dos Andes

(1) *National Geographic Magazine.* July, 1902, XIII, N. 7.

que attingem alturas de 5,181 até 5,791 metros. O Orizaba no Mexico é um vulcão que tem uma altura de 5,582 metros acima do mar.

E' bem conhecido o facto que os cones formados em grande parte de cinzas são muito mais ingremes do que os feitos principalmente de lava. A figura 36 mostra um pequeno cone vulcanico do norte da

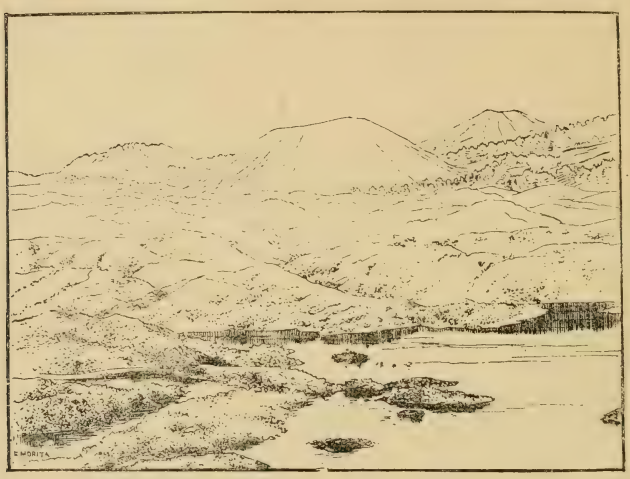


Fig. 36. — Um pequeno cone vulcanico de cinzas ao norte da California. *(Diller.)*

California feito inteiramente de materiaes fragmentarios arremessados de um vulcão de edade recente, porém, actualmente extincto.

Rochas vulcanicas. — *As lavas* são na maioria rochas de coloração escura, porém quando decompoem-se ou depois de terem sido expostas á atmosphera frequentemente se tornam pardas, amarellas ou vermelhas. Algumas dellas são vitreas e se quebram com uma fractura lisa semelhante ao vidro; muitas d'ellas têm a apparencia empolada, isto é, são cheias de pequenas cavidades redondas formadas pelos gazes ou vapores emquanto as rochas estiveram quentes. Com o esfriamento as lavas algumas vezes racham formando

o que são chamadas columnas basalticas. Estas columnas formam-se perpendicularmente á superficie da lava em resfriando-se de maneira que quando a lava forma uma camada horizontal as columnas se apresentam frequentemente, mas nem sempre, em sentido vertical. Quando a lava sobe atravez de uma grande fenda em outras rochas as columnas são muitas vezes approximadamente horizontaes. Fig. 81 mostra a estructura columnar das lavas na ilha de Fernando de Noronha.

Vulcões submarinhos. — Os vulcões algumas vezes irrompem debaixo do mar. As formas de muitos picos submarinhos leva-nos a concluir que são cones vulcanicos.

As lavas dos vulcões submarinhos são as mesmas que as terrestres. Acontece occasionalmente que uma ilha vulcanica ergue-se do mar, porém, se não fôr bastante grande, será immediatamente arrazada pelas vagas.

Em 1628 uma das ilhas dos Açores perto da ilha de S. Miguel ergueu-se em quinze dias do fundo do mar onde havia anteriormente uma profundidade de 292.6 metros, até uma altura de 109.7 metros acima do nivel do mar. Tinha legua e meia de largura e tres de comprimento. Em 1831 uma ilha vulcanica ergueu-se ao largo da costa da Sicilia até uma altura de sessenta e um metros acima do mar. Esta ilha tinha cinco kilometros de circumferencia e esteve em activa erupção durante tres semanas. Dentro de dois annos foi completamente demolida pelas vagas.

As ilhas de Fernando de Noronha e Trindade ao largo da costa do Brasil são ambas quasi exclusivamente feitas de rochas vulcanicas, e provavelmente foram em primeiro lugar vulcões submarinhos. Ambas estão profundamente cortadas pelas vagas usurpadoras e apresentam encostas ingremes, dando raros e difficeis pontos de bom desembarque, sendo este principalmente o caso com a Trindade.

A distribuição dos vulcões sobre o globo, especialmente sobre o continente americano, é digna de nota. Aqui elles seguem o eixo da grande cordilheira que estende-se desde a Terra do Fogo ao longo de toda a costa occidental do continente atravez da America do Sul, America Central e America do Norte até á mais occidental das ilhas Aleu-

Fig. 37. — As praias profundamente cortadas nos logares de desembarque na extremidade nordeste da ilha vulcanica de Fernando de Noronha.

cianas no Mar de Behring que separa a America do Norte da Asia. Uma outra, ou talvez a mesma linha de vulcões continua de sudoeste

de Kamtschatka atravez das ilhas de Jesso, Japão e das Philippinas para Nova Guiné. Existem afóra destes, diversos grupos de ilhas vulcanicas no Oceano Pacifico.

Muitas das ilhas das Antilhas são de rochas igneas; taes são S. Lucia, Martinica, Dominica, Guadalupe (em parte) etc.

Tambem são vulcanicas as ilhas Açôres, Madeira, Santa Helena, Cabo-Verde, e as Canarias.

Vulcões extinctos. — Alguns vulcões estão sempre activos, alguns estão quietos durante annos, e alguns parecem estar completamente extinctos. E' difficil senão impossivel traçar qualquer linha de distincção entre os activos e os extinctos; em parte, porque um vulcão póde ficar em repouso por muitos annos, ou mesmo por seculos, e depois começar um periodo de grande actividade. As ilhas de Fernando de Noronha e Trindade (1) já foram citadas como vulcões brasileiros e as suas rochas são basaltos, phonolites e trachytes nas formas de lavas, tufas, e agglomeradas.

Ambos estes vulcões estão em apparencia completamente extinctos. Existem muitos restos de lençóes de lava no Brasil entre as rochas antigas. Ao norte do cabo de Santo Agostinho existe um cabeço conhecido por Pedras Pretas onde um antigo lençol de lava trachytica está exposto ao longo da costa. A ilha de Santo Aleixo ao largo da costa de Pernambuco em frente á Barra de Serinhaem é formada tambem de rochas eruptivas. A principal ilha do grupo dos Abrolhos é na maior parte completamente feita de uma rocha eruptiva sendo ella um diabase com olivine, ou um gabbro.

No interior do estado de S. Paulo existem extensas areas cobertas por lençóes de rochas eruptivas. Estas rochas estão expostas nos municipios de Piracicaba, Santa Barbara, Rio Claro, Limeira, Botucatú, S. Simão e outros. No estado do Paraná este mesmo lençol eruptivo forma as summidades da Serra de Apucarana e da Serra da Esperança e se estende na direcção oeste daquellas linhas de mon-

(1) Horace E. Williams. *Notas sobre a geologia da Ilha Trindade.* Pub. do Serviço Geologico do Brazil, 1913.

tanhas com certas interrupções até o Rio Paraná. No estado de Santa Catharina a Serra do Espigão e a Serra Geral são cobertas com uma rocha eruptiva que semelhantemente estende-se na parte occidental daquelle estado. No Rio Grande do Sul os grandes campos que estendem-se da Serra do Mar á nordeste de Porto Alegre até a fronteira Argentina são cobertas com a mesma rocha trapiana que é encontrada em S. Paulo, Paraná e Santa Catharina.

Ainda não se sabe com certeza si as rochas eruptivas do sul do Brasil fazem parte de um grande lençol de lava, ou são erupções mais ou menos separadas, ainda que estreitamente connexas.

É possivel que exista ahi um grande lençol de lava que se extende pelos estados de Matto Grosso, S. Paulo, Paraná, Santa Catharina, e Rio Grande do Sul, e pela parte oriental de Paraguay e pelo norte de Uruguay, cobrindo assim uma area de 750,000 kilometros quadrados mais ou menos, e por conseguinte maior que os notaveis derramamentos da India e d'America do Norte.

Certos factos, porem, parecem provar que o lençol de lava consta de muitos derramamentos que são approximadamente da mesma idade geologica.

Em muitos lugares o arenito de Baurú está em cima das eruptivas, mas em outros este arenito assenta directamente sobre o arenito de Botucatú que geralmente fica em baixo da lava. Dr. Lisboa notou (1) que, entre Macuco e Avanhandava no rio Tieté, o arenito de Baurú repousa directamente nos lençóes de trap, emquanto Dr. Florence achou o Baurú logo em cima do arenito de Botucatú, acima de Avanhandava.

Uma outra e provavelmente mais antiga serie de rochas com ventas limitadas e com ejectamentos fragmentados, que lhe dão um caracter vulcanico mais typico, foi reconhecida por Derby na ilha de Cabo Frio, Serras de Tinguá e Mendanha perto do Rio de Janeiro; nas serras de Itatiaya, Picú e Caldas, na região da Mantiqueira, e nas serras de Ipanema e Jacupiranga na região da Serra do Mar do Sul de

(1) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo; Sul de Matto Grosso*, pag. 7. Rio de Janeiro, 1910.

S. Paulo (1). Rochas semelhantes ás caracteristicas destes pontos occorrem no Pão de Assucar nas margens do Rio Paraguay e é provavel que ahi tambem houvesse uma antiga venta vulcanica.

Diques. — Quando a lava enche uma fenda nas rochas e ahi endurece ella é chamada dique. Quasi se pode dizer que estes diques podem ser de qualquer comprimento e largura. Deve-se observar, entretanto, que os diques muito delgados não podem ser introduzidos

Fig. 38. — Diques de trap de differentes dimensões em granito, num morro de 30 metros de altura na costa do Labrador.

dentro de rochas frias. Nem a rocha fundida nem mesmo o metal fundido pode ser derramado em pequenas fendas senão quando a rocha fendida esteja tão quente que não resfrie rapidamente a materia fundida. Os diques se apresentam em qualquer posição desde a vertical até á horizontal, e podem estar isolados ou em grupos, ou podem dividir-se em diversos diques; podem ser rectos ou tortuosos (vède a fig. 38). Não é raro acontecer que as rochas dos diques sejam mais duras ou mais resistentes do que as que os contem, e nestes casos as rochas conterminas são destruidas pelos agentes desnudadores mais rapidamente do que as do dique e este fica posto em relevo semelhante

(1) Orville A. Derby. *On the nepheline rocks of Brazil. Quart. Jour. Geol. Soc.*, XLIII, pags., 457-473 : XLVII, pags., 251-265. London, 1887, 1891.

O. A. Derby. Sobre as rochas nephelinas do Brasil. *Revista de Engenharia.* Rio de Janeiro, 1888.

a um muro. A figura 39 representa um tal muro nas Montanhas Rochosas.

Quando a rocha do dique é mais promptamente decomposta do que as rochas conterminas ella ás vezes deixa na paisagem uma depressão semelhante a um rego.

Os diques cortam rochas de qualquer qualidade, ou eruptivas ou

Fig. 39. — Diques verticaes a pino postos á vista pela erosão. Montanhas Rochosas, America do Norte.

sedimentarias, e de qualquer idade geologica. Na Ilha de Fernando de Noronha que é de rocha vulcanica, ha muitos diques, tanto grandes como pequenos.

No Brasil ha diques em qualquer parte onde existem rochas eruptivas, quer sejam modernas quer sejam antigas. No norte do Brasil, pelo interior dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Parahyba, Pernambuco, Alagôas, Sergipe e Bahia, diques abundam onde cortam granitos ou rochas sedimentarias antigas. Ao longo da estrada de ferro na vizinhança de Baixa-Verde no estado de Rio Grande do

Norte, na distancia de muitos kilometros existem diques cortando schistos e granitos.

Diques são frequentes em toda a região de idade permiana no oeste de S. Paulo e no sul do Brasil. Nas minas de carvão de S. Jeronimo no Rio Grande do Sul ha diques de andesito que cortam as camadas de carvão (1).

No estado de Santa Catharina diques foram notados por I. C. White nos seguintes lugares: Bonito, rio Passa-Dois, fôz do rio do Rasto; dois kilometros abaixo de Orleans; cinco kilometros abaixo de Minas (pags. 224-225).

Laccolitos. — Quanda a lava é introduzida na parte superior da crosta da terra de modo que as rochas de cima não quebrem-se, as camadas superiores são levantadas pela lava injectada que esfria-se entre as camadas inferiores formando massas lenticulares. Essas intrusões são chamadas laccolitos. Com o correr do tempo os laccolitos podem ser descobertos pelos processos de erosão.

A idade de um vulcão. — A idade de um vulcão prehistorico extincto, ou de lavas, diques e derramamentos de rochas igneas de todas as qualidades, só pode ser determinada verificando a relação de suas rochas com as camadas fossiliferas de sua vizinhança. Por exemplo, si as eruptivas têm sedimentos depositados sobre ellas a idade das eruptivas pode ser reconhecida como mais antiga que os sedimentos. Se os sedimentos de uma idade conhecida são cortados pelas eruptivas, estas devem ser mais novas que os sedimentos.

Geysers. — *Geyser* é o nome dado na Islandia a fontes quentes que periodicamente fazem erupções. As aguas dos geysers são necessariamente quentes porque as erupções são devidas á formação de vapor em baixo da superficie d'agua. Os geysers mais notaveis são os da Islandia, da Nova Zelandia e do Yellowstone Park na America do Norte. Na America do Sul existem geysers proximo de Carthagena

(1) I. C. White. *Relatorio*, pags., 116, 218, 224.

no rio Magdalena, Colombia. Todos os geysers estão em regiões de actividades vulcanicas actuaes ou extinctas.

Os phenomenos das erupções succedem-se em uma ordem regular : (1) um ruido nas proximidades do geyser é seguido por (2) um transbordamento d'agua pela abertura; vem então (3) um esguicho d'agua, que é seguido pelo (4) escapamento ruidoso do vapor.

A theoria da causa e sequencia desses phenomenos é a seguinte. As rochas abaixo da superficie estão todas quentes, algumas dellas bastante quentes para fazer a agua ferver. As aguas da superficie alcançando aquellas rochas quentes são aquecidas até o ponto de ebullição, porém como a abertura para a superficie está cheia d'agua a pressão desta impede que a agua quente em grande profundidade forme vapor. Os canaes subterraneos, comtudo, são muito ramificados, e de vez em quando a agua é levada ao ponto de ebullição em algum ponto n'aquelles canaes. Quando o vapor forma-se em qualquer ponto a agua que se acha por cima é levantada pela expansão do vapor e derrama-se na superficie. Este derramamento allivia a pressão sobre o resto da columna d'agua, e aquellas porções que estavam já proximo ao ponto de ebullição de subito transformam-se em vapor e este novo vapor, assim formado arremessa o resto d'agua para o ar e então escapa-se. Depois de uma dessas erupções a agua accumula-se outra vez nas cavidades subterraneas e logo que de novo é aquecida o mesmo processo repete-se.

As condições necessarias para os geysers são evidentemente as seguintes :

I. — Rochas igneas que em certas profundidades estejam ainda bastante quentes para ferver a agua sendo porém menos quentes proximo á superficie do terreno.

II. — Aguas meteoricas tendo accesso até ás rochas quentes.

III. — Um tubo ou abertura para o escapamento da agua e do vapor.

Em todas as regiões de geysers é notorio que a frequencia das erupções está gradualmente diminuindo. Na Islandia as erupções são muito menos frequentes do que eram quando os geysers foram descriptos por Mackenzie em 1810.

O Yellowstone National Park na America do Norte contem o mais notavel conjuncto de geysers ora existentes. Existem mais de tres mil aberturas naquelle parque. A temperatura do maior é de 65.5° C.; quando em erupção elle lança agua a uma altura de sessenta e um metros e vapor a uma altura de trezentos e quatro metros. Alguns dos geysers menores lançam agua a setenta e seis metros de altura.

O trabalho geologico dos geysers consiste na construcção ao redor das suas aberturas, de cones formados pela precipitação da materia mineral em solução nas aguas quentes do geyser. Alguns desses depositos são silicosos e outros são calcareos.

Fontes quentes. — A alta temperatura das fontes quentes é causada pelo contacto das aguas provenientes da superficie com rochas quentes antes de emergirem.

Debaixo das condições acima mencionadas, formam-se os geysers, porém de outro modo sómente as fontes quentes. A origem da alta temperatura das fontes d'agua quente é algumas vezes attribuida a agentes mysteriosos. As altas temperaturas conhecidas das rochas profundas da terra é sufficiente para explicar as aguas quentes. E' notavel, comtudo, que as fontes quentes variam muito pouco em seu fluxo — um facto que é attribuido a acharem-se nas profundidades da terra canaes pelos quaes as aguas escoam-se.

Poços de Caldas. — As aguas celebres de Poços de Caldas no sul de Minas têm uma temperatura de 41° a 46° graus Cent., e sahem de rochas igneas (1) de idade paleozoica.

Brejo das Freiras. — Uns dez kilometros a oeste ou noroeste da villa de S. João do rio do Peixe no estado de Parahyba existe uma fonte de agua quente. Está situada ao pé de uns morros baixos de rochas crystallinas. As aguas surgem de arenitos perto das rochas crystallinas, e a estructura parece mostrar uma pequena falha normal. Ha tres fontes principaes, e a temperatura d'agua é de 36° Cent. A

(1) Pedro Sanches de Lemos. *As aguas thermaes de Poços de Caldas, Minas Geraes.* Bello Horizonte, 1904, pag. 164.

descarga visivel é só de tres para quatro litros por minuto mas o brejo vizinho parece demonstrar que ha mais agua neste lugar (1).

As fontes thermaes ou caldas do Sipó no estado da Bahia estão situadas á margem direita do rio Itapicurú. Ha cinco ou seis fontes neste lugar e outras meia legua rio abaixo. As fontes sahem numa altitude de cinco metros acima do nivel da agua do rio Itapicurú. A temperatura da agua é de 34 para 35 graus C. (Temperatura ambiente 22° a. m., 27° m., 23° a 24° á tarde). As camadas expostas na vizinhança são todas de rochas sedimentarias e talvez da idade terciaria.

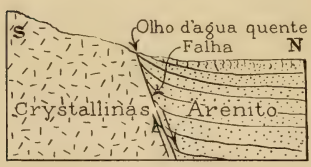


Fig. 40. — Secção mostrando a estructura geologica no Brejo das Freiras, estado de Parahyba. (*Waring.*)

É possivel que essas aguas vão-se esfriando perceptivelmente. Durval Vieira de Aguiar no livro intitulado « Descripções praticas da Provincia da Bahia », publicado na Bahia no anno 1888, á pagina 86, fallando das aguas do Sipó, diz que a temperatura das mais quentes é de 40 graus centigrados.

Terremotos.

Terremotos são choques, concussões, ou abalos propagados como ondas atravez das rochas da crosta da terra. Essas concussões podem ser produzidas por qualquer dos modos seguintes:

I. — Pela fractura de rochas sob esforço.

II. — Pelo escorregamento ou reajustamento das rochas umas sobre as outras.

III. — Por explosões dentro da crosta da terra nas vizinhanças de vulcões, provavelmente por formação e collapso de vapor.

Para se entender os terremotos e seu comportamento é necessario estudar a propagação das ondas atravez das rochas sob as condições

(1) Carta particular de G. A. Waring, 29 de Julho de 1911.

complexas derivadas da variabilidade das estructuras geologicas, composições, esforços e fracturas.

Onde as rochas forem muito dobradas ou falhadas parece muitissimo provavel que deve ter havido terremotos, quando as falhas se deram. Onde na crosta da terra se apresentarem linhas de fraqueza e reajustamento ha probabilidade de terremotos. A linha de actividade vulcanica que segue a borda occidental dos dois continentes americanos da Terra do Fogo até a Alaska é uma linha de fraqueza e de constante reajustamento, e consequentemente é uma linha de terremotos. Onde esta linha de actividade vulcanica passa na direcção sudoeste pelo Japão, Philipinas, Sumatra e Java, existe tambem uma linha de fraqueza da crosta, de reajustamento e de terremotos. Embora os terremotos sejam simplesmente ondas ou abalos transmittidos atravez das rochas, deve-se suppor que essas ondas movem-se com differentes velocidades de accordo com a natureza e posição das camadas das rochas. E isto pelas observações feitas tem sido verificado. As differentes rochas têm conductibilidades differentes; a areia solta conduz ondas ou abalos na razão de 299.8 metros por segundo, os arenitos na razão de 2,255.50 metros por segundo, e o granito na razão de 2,804 metros por segundo.

O fóco ou centro d'onde um abalo de terremoto irradia-se está commummente bastante abaixo da superficie.

O ponto na superficie da terra, onde primeiramente chega a onda de um abalo e do qual parece irradiarem-se os abalos successivos, designa-se pelo nome de *epicentro*.

Do epicentro as ondas espalham-se sobre e ao longo da superficie da terra. Observando em diversos lugares o tempo exacto em que um abalo de terre é sentido, tem sido possivel determinar a forma e a marcha do movimento de taes ondas.

O deslocamento de uma particula ou ponto na superficie do solo na occasião de um abalo de terre não é tão grande como geralmente se imagina. Raras vezes monta a mais de tres a quatro millimetros; algumas vezes é apenas uma fracção de millimetro. Não nos referimos aqui á vibração de objectos suspensos, ou ao deslocamento de um ponto onde as rochas são quebradas e falhadas. O maior deslo-

camento registrado no Observatorio Astronomico de Lick na California foi apenas de um pouco mais que cinco millimetros. E' evidente portanto que a destruição causada pelos terremotos não é devida tanto ao deslocamento como á duração do tempo que leva no movimento de um ponto para outro.

Fig. 41. — Registro de um seismographo mostrando os movimentos lateraes de um ponto sobre a superficie da terra durante um terremoto no Japão.

A figura junta (figura 41) mostra o registro de um sismographo feito durante um terremoto no Japão. A figura 42 mostra uma fenda e uma pequena falha produzidas na occasião de um terremoto em Arizona, America do Norte. Os terrores dos terremotos, para a humanidade são devidos em parte ao facto que não ha meios de predizer a occasião ou natureza dos seus abalos e

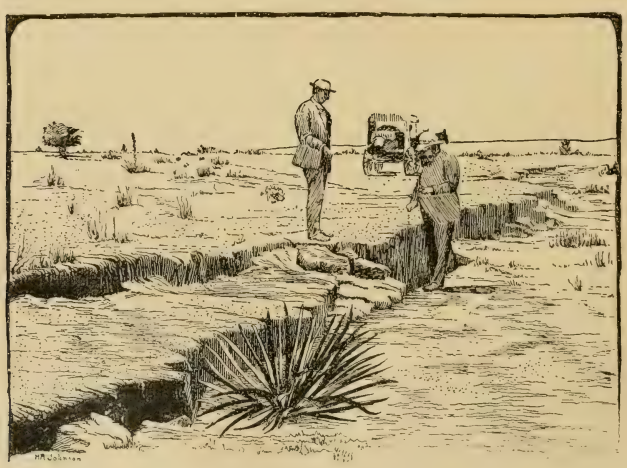


Fig. 42. — Uma fenda e falha produzidas durante um terremoto em Arizona, na America do Norte.

parcialmente á instabilidade temporaria da terra que é sempre considerada a mais estavel das cousas, e em grande parte á nossa ignorancia das causas e origens dos abalos. O abalo produzido pela passagem de um carro pesado, por uma locomotiva, e o trepidar de um vapor em marcha, não espantam a ninguem, embora estes abalos sejam muito parecidos com os terremotos. Comtudo nenhuma coragem ou pericia pode evitar os terremotos. A destruição causada por occasião dos terremotos, todavia, não é sempre o resultado directo do choque ou mesmo do desabamento dos edificios. Por occasião do grande terremoto de Lisbôa que teve lugar a 1 de Novembro de 1755, 40,000 pessoas, conforme dizem, pereceram. Esta grande perda de vida foi causadas por uma grande onda ou vaga de translação doze metros mais alta que o nivel das maiores marés, que varreu o rio Tejo e submergiu as pessoas que tinham-se accumulado sobre os caes por segurança.

Para dar uma idea mais ou menos exacta das intensidades ou violencias de terremotos, os geologos inventaram diversas escalas de intensidade. A mais usada é a chamada Rossi-Forel que aqui segue.

Escala Rossi-Forel de intensidades de terremotos.

I. — *Tremor microsismico :* registrado por um unico sismographo, ou por sismographos do mesmo modelo, mas não por diversos sismographos de differentes modelos; o tremor notado por observadores peritos.

II. — *Tremor extremamente fraco :* registrado por sismographos de diversos modelos; notado por um pequeno numero de pessôas em repouso.

III. — *Tremor muito fraco :* notado por diversas pessôas em repouso; de força sufficiente para poder determinar a duração do tremor.

IV. — *Tremor fraco :* sentido por pessoas em movimento; deslocação de objectos movediços, portas, janellas; as vigas das casas estalão.

V. — *Tremor de intensidade moderada :* sentido por todo o mundo; deslocação de mobilia, tocando as campainhas suspensas.

VI. — *Tremor algum tanto forte:* accordando pessoas que dormem; as campainhas tocam, oscillação de lampadarios suspensos; os relogios param; as arvores tremem; algumas pessoas assustadas fogem das casas.

VII. — *Tremor forte:* transtôrno de objectos movediços; queda de estuque; os sinos tocam; panico geral sem estragos de casas.

VIII. — *Tremor muito forte:* queda de chaminés; fendas nas paredes das casas.

IX. — *Tremor extremamente forte:* destruição parcial ou completa de alguns edificios.

X. — *Tremor da intensidade extrema:* grande desastre; ruinas; deslocação das camadas das rochas; abrem-se fendas no chão: as rochas cahem das montanhas.

Embora nenhuma parte da terra esteja inteiramente livre de terremotos o Brasil é talvez menos perturbado que qualquer outra porção do globo de igual tamanho. A occurrencia de falhas e de superficies polidas pelo attrito *(slickensides)* nas rochas mostram que nas eras geologicas passadas houve terremotos no Brasil, porém elles são agora de rara occurrencia e de pouca importancia.

O numero de todos os terremotos registrados no Brasil até o anno 1912 não passa de uns 60, e estes de uma intensidade tão baixa que nunca chegaram a ser catastrophes ou de fazer estragos.

Os tremores que talvez causaram maior commoção no Brasil nestes ultimos annos foram os do anno 1901 na vizinhança de Bom Successo no estado de Minas Geraes. Mas além de assustar o povo não fizeram damno algum (1).

Na costa do Pacifico na America do Sul ao contrario existem muitos lugares onde raramente passam-se tres dias sem que hajam abalos.

---

(1) Alvaro A. de Silveira. *Os tremores de terra em Bom Successo, Minas Geraes.* Bello Horizonte, 1906.

J. C. Branner. *Terremotos no Brasil.* Bulletin of the Seismological Society of America, II, 105-117. Stanford University, 1912.

Segue a lista dos tremores notados no Brasil com as intensidades conforme á escala de Rossi-Forel (vede pag. 156).

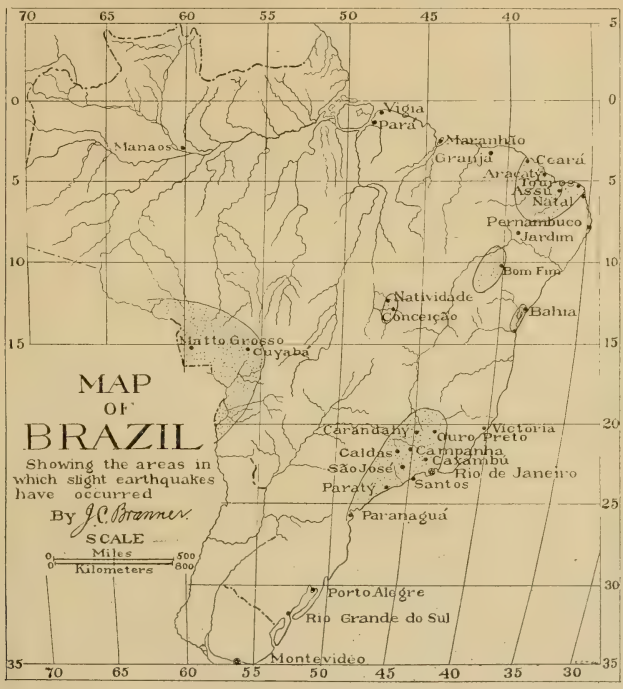


Fig. 43. — Esboço do Brasil mostrando as areas de tremores pequenos.

Mudanças de nivel.

As mudanças de nivel são devidas, pelo menos em parte, a causas ligadas com a condição interna da terra. Ellas são algumas vezes bruscas e algumas vezes muito lentas e uniformes. Essas mudanças são commummente julgadas pelas relações da terra com o nivel médio do oceano. Ellas podem dar-se ou como elevações ou como depressões.

TREMORES DE TERRA NO BRASIL

DATA	ESTADO	LOCALIDADE	INTENSIDADE ESCALA R-F
1560	São Paulo	?	?
1724. Jan. 4.	Bahia	Bahia	IV
1741, Set. 24	Matto Grosso	Cuyabá, etc.	VI
1746. Out. 28.	Matto Grosso	Matto Grosso	V
1767 (?). Agosto 1	Espirito Santo		
1768 Agosto 1	Bahia	Bahia	IV-V
1807. Agosto 8.	Ceará	Jaguaribe Valle e Assú	V-VI
1816. Maio 31.	Ceará	Granja	
1811. Out 28.	Pernambuco	Recife	VI
1811.	Rio G. do Sul	Santo Christo e Porto Alegre.	IV-V
1812.	Rio G. do Sul.	Porto Alegre.	
1824.	Ceará	Jardim.	VIII-IX ?
1824.	Minas Geraes	Caximbú, etc	VI
1826.	Goyaz	Natividade, Conceição.	IV-V
1832, Set 18	Matto Grosso	Principe da Beira.	
1834	Goyaz	Natividade, Conceição.	IV-V
1839, Julho 15.	Minas Geraes	Campanha.	V-VI
1846	Ceará	Granja.	
1851.	Rio G. do Sul		
1852, Dez. 2.	Ceará	Aracaty	
1852.	Ceará	Granja.	
1854, Jan. 10.	Rio G. do Norte	Touros.	
1855, Julho 25	Minas Geraes.	Morro Grande.	IV
1855.	Ceará	Granja.	
1860.	Pará	Vigia.	IV
1860. Out. 1.	Matto Grosso		
1861. Junho	Rio de Janeiro.	Paraty, etc	IV-V
1861, Julho 31	S. Paulo, Minas.	Santos, etc	IV-V
1863. Abril 8	Minas Geraes.	Campanha, etc	IV
1864, Dez. 26.	Maranhão	S. Luiz.	
1865, Set. 3.	Matto Grosso	Cuyabá	
1867.	Rio G. do Sul		
1867.	Minas Geraes.	Jaguára	IV
1871, Abril 5	Maranhão	Itapicurú	VI
1872, Nov. 11	Minas Geraes.	Condado, Serro.	VI
1876, Junho 9	Minas Geraes	Ouro Preto	
1876. Junho 26	Matto Grosso	N. de Corumbá	IV
1876, Dez. 9	Minas Geraes	Ouro Preto	
1879. Mar. 1.	Matto Grosso.	Cuyabá	VII-VIII
1879, Junho	Rio, G. do Norte.	Natal	
1882, Out. 21.	Minas Geraes.	Poços de Caldas.	VI
1883, Fev. 21	Minas Geraes	S. José	IV
1886, Maio 9.	Rio, S. Paulo, Minas.	Petropolis, Rio. S. Paulo.	V
1886, Julho 25	Minas Geraes	Jequitinhonha	
1887, Agosto 27.	Paraná	Paranaguá.	
1901, Abril 4	Minas Geraes	Bom Successo.	IV
1901, Abril 5.			
1901. Julho 1			
1901. Set. 4			
1903. Fev. 10. 12. 14. 16.	Ceará	Cangaty Baturité	VII
1905, Julho 18	Bahia	Bomfim a Joazeiro	IV-V
1906, Nov.	Matto Grosso	Miranda, Coimbra, Corumbá, etc.	IV-V
1906, Nov. 24.	Minas Geraes	Guaranesia	
1906, Dez. 4.	Minas Geraes.	Carandahy.	IV
1911, Fev.	Bahia	Itaparica.	
1911, Agosto 26.	Ceará	Granja.	
1912, Abril 19	Bahia	Jequiriçá	VII

Provas de elevação.

As provas de elevação são de cinco naturezas.

I. — Os organismos marinhos mortos, ou os seus restos, em terra secca.

II. — O trabalho dos organismos marinhos em terra secca.

III. — O vestigio do trabalho das ondas nas costas acima do alcance actual dellas.

IV. — Os registros humanos.

V. — As superficies erodidas de depositos sedimentares marinhos.

I. Os organismos marinhos mortos sobre a terra. — Os polypos coraligenos são organismos que só podem viver n'agua salgada clara de mares quentes. Esses polypos, quando vivos, secretam e depositam esqueletos de carbonato de cal. Vivem muitas vezes em colonias enormes que, em circumstancias favoraveis, formam extensos recifes de coral.

Algumas vezes acontece que recifes de coral morto são achados fóra d'agua. A sul e a leste de Mombaça na costa oriental da Africa existem barrancos e um planalto de taes coraes que tem sido levantado do fundo dos mares. Na ilha de Cuba os recifes de coral têm em alguns casos sido levantados tresentos e trinta e cinco metros acima do nivel do oceano. Na costa do Perú o professor Alexandre Agassiz encontrou recifes de coral na encosta das montanhas na altura de oitocentos e oitenta metros acima do mar (1).

Somos obrigados a considerar esses recifes de coral morto como provas inquestionaveis da mudança das relações da terra e d'agua nos logares onde elles se apresentam. Elles devem ter-se originado debaixo do oceano e ter sido levantados acima do seu nivel.

Dr. Williams notou na ilha Trindade um recife de coral que está

(1) Alexander Agassiz. *Letters and recollections*, pag. 140. Boston, 1913.

cerca de meio metro fóra d'agua na occasião da baixa-maré que indica uma pequena elevação daquella ilha (1).

Em roda da Bahia em muitos lugares existem extensos depositos de conchas marinhas que as marés altas nunca mais alcançam. Estas

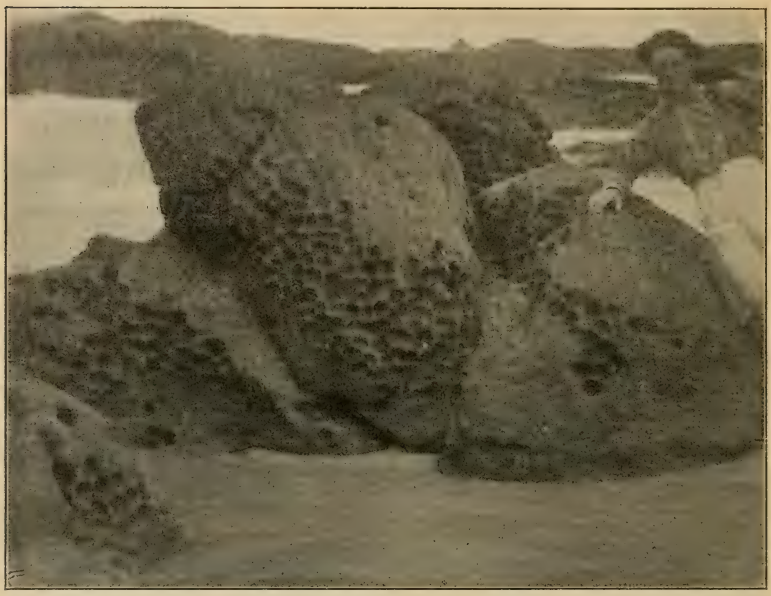


Fig. 41. — Blocos de trachyte cavados por ouriços do mar na costa de Pernambuco, num lugar chamado Pedras Pretas, ao norte de Cabo Santo Agostinho.

camadas foram depositadas abaixo do mar, e a elevação da região transformou-as em terra firme. No rio Itapicurú no estado da Bahia, entre Missão e Sipo, e de cinco a oito metros acima daquelle rio, ha uma camada de conchas marinhas da espessura de um metro. Aquelle

(1) H. E. Williams. *Notas sobre a geologia da ilha da Trindade.* Serviço Geologico do Brasil, inedito.

deposito fica pelo menos sessenta metros acima do nivel da maré. É claro que aquellas camadas foram depositadas ali quando o mar cobria aquelle lugar; é tambem claro que aquella região foi elevada sessenta metros, pelo menos, depois do tempo em que o mar a cobria.

II. **O trabalho dos organismos marinhos na terra.** — A poucas milhas ao norte do cabo de Santo Agostinho em Pedras Pretas as rochas proximas á praia são esburacadas pelos ouriços do mar. Esses buracos estão em tal altura acima da maré média, que é agora impossivel aos ouriços do mar viverem nelles. Embora a elevação aqui indicada seja somente um ou dous metros, não é menos uma elevação sensivel.

A figura 44 reproduzida de uma photographia tirada em 1899 mostra alguns daquelles buracos. Dizem que em alguns lugares na bahia do Rio de Janeiro existem buracos semelhantes feitos nas rochas de granito pelos ouriços do mar.

Em Marahú uns 115 kilometros ao sul da Bahia, Gonzaga de Campos tem notado blocos de rochas calcareas com as marcas do antigo nivel da prêa-mar e com ostras, que ficam de dois a tres metros mais altas do que a linha a que actualmente attinge a maior maré (1).

Na Victoria, estado do Espirito Santo, uma linha horisontal proxima á base do pico de granito «Morro Primeiro de Março,» dous metros acima do nivel d'agua mostra uma elevação da costa. Este sulco é provavelmente causado pelo primitivo crescimento naquella linha de algas e outros organismos. A figura junta (fig. 45), foi reproduzida de uma photographia daquella linha.

Um exemplo notavel da mesma natureza é o velho templo de Jupiter Serapis ao norte de Puzzuoli perto de Napoles na Italia. Naquelle lugar existem tres columnas de pedra, partes das ruinas de um antigo templo romano. Essas columnas são perfuradas até a altura de seis metros com furos feitos por uma especie de *Lithodomus*, um mollusco furador, que vive no mar Mediterraneo. E' evidente que o terreno onde

---

(1) Gonzaga de Campos. *Reconhecimento geologico na bacia do Rio Marahú.* pag. 3, S. Paulo, 1902.

este templo agora existe abateu-se depois de construido o templo e que conservou-se debaixo d'agua bastante tempo para os molluscos fazerem seus furos, sendo subsequentemente elevado á sua posição actual.

Ao longo da costa da California na America do Norte encontra-se uma concha furadora semelhante, uma especie de *Pholas*, em buracos cavados nas rochas das praias em uma elevação de proximamente seiscentos metros acima do nivel actual do oceano. E' evidente que as

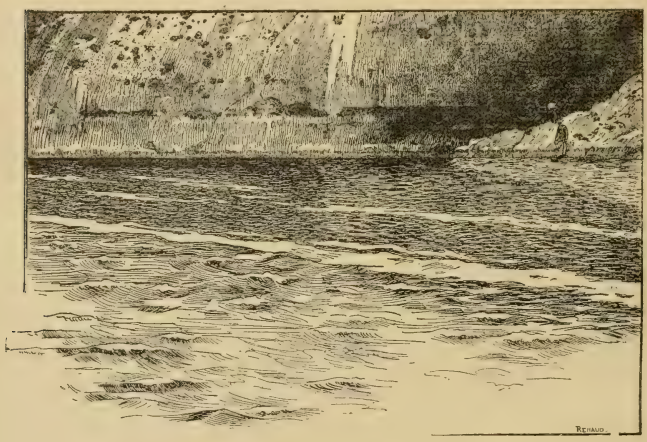


Fig. 45. — Um sulco horizontal na base do morro Primeiro de Março na Victoria, estado do Espirito Santo. O sulco acha-se a cerca de dois metros acima do nivel da maré. De uma photographia pelo autor.

rochas onde esses buracos e conchas agora se encontram estavam em algum tempo, no passado, debaixo d'agua do Oceano Pacifico. Muitos exémplos de natureza semelhante podiam ser citados.

III. O trabalho das ondas além de seu alcance actual. — Já se referiu que os cortes feitos pelas ondas ao longo das linhas da costa apresentam certos caracteristicos topographicos pelos quaes podem ser identificados mesmo depois do desapparecimento das aguas que os formaram. Emquanto as ondas escavam a terra os detritos var-

ridos das praias formam depositos submarinhos, taes como deltas, que são igualmente reconheciveis.

Na costa do Brasil existem em diversos lugares terraços formados d'esta maneira. Um destes é no lugar chamado Opaba, um kilometro ao norte de Ilheos; outro é na Vellosa uns tres kilometros ao norte de Ilheos no estado da Bahia; outro se vê ao norte de ponta de Pedras no estado de Pernambuco. Sem duvida muitos outros existem ao longo da costa nordeste do Brasil, mas sendo geralmente cobertos de mata, não se reconhecem facilmente (1).

Uns trinta kilometros ao nordeste da cidade de Santos na vizinhança de Bertioga, ha uma praia elevada na Ponta da Enseada (2). Esta praia ou terraço é de arenito, e fica uns quatro ou cinco metros acima das marés mais altas. As camadas contem conchas semelhantes ás das praias actuaes.

Alguns dos fiordes da Noruega apresentam terraços semelhantes mostrando que aquella costa tem tambem subido aos saltos.

IV. **Os registros humanos.** — Dentro do periodo humano haviam elevações da terra de que existem registros dignos de confiança. Na Scandinavia tem sido estabelecido pontos de referencia, e em periodos determinados linhas de niveis foram corridas para determinar as mudanças de nivel. Achou-se que a parte do norte da Scandinavia eleva-se em uma marcha maxima, de 1.52 a 1.82 metros por seculo.

V. **As superficies erodidas de sedimentos marinhos.** — E' evidente que as camadas sedimentarias que contém abundancia de restos fosseis de organismos marinhos só se podiam formar no fundo do mar. Em muitos casos encontram-se taes camadas marinhas que mostram ter soffrido erosão na superficie. Essas superficies erodidas são consideradas como prova concludente de uma condição terrestre, e devem ter sido produzidas depois que as camadas marinhas foram elevadas do fundo das aguas em que foram depositadas.

---

(1) J. C. Branner. *The stone reefs of Brazil*, pags. 153-160. Cambridge, 1904.
(2) *Fé*, H. E. Williams.

Evidencias de depressão.

As provas de depressão da terra são mais difficeis de observar-se porque a superficie da terra vai para baixo d'agua e fica assim occulta. Não obstante ella é algumas vezes reerguida, como no caso do templo de Jupiter Serapis já mencionado onde a prova de uma depressão anterior é visivel e concludente. As provas da depressão da crosta da terra são as seguintes :

I. — As plantas terrestres em lugares cobertos por depositos marinhos.

II. — Os coraes abaixo do nivel em que os polypos coraligenos podem viver.

III. — Os valles submergidos.

IV. — A distribuição de plantas e animaes.

V. — Os registros humanos.

VI. — A espessura dos sedimentos.

VII. — As falhas com os lados levantados bem erodidos.

VIII. — A larga distribuição de conglomerados graúdos.

Essas classes de prova serão consideradas na ordem mencionada.

I. — **As plantas terrestres cobertas por depositos marinhos.** — E' bem sabido que a turfa é de origem vegetal e que cresce sobre a terra — nunca abaixo do nivel da maré. Na Bahia de Fundy em Nova Escossia existe, agora, turfa abaixo do nivel da maré. Ella deve ter sido formada sobre a superficie da terra neste lugar quando achava-se em um nivel superior ao actual e deve ter sido levada para baixo pelo rebaixamento da terra.

Em Nova Jersey na America do Norte tocos de pinheiros sobre a terra são agora alcançados pela agua do mar, porém o pinheiro não póde viver ao alcance d'agua salgada; no mesmo estado são encontrados, agora, tocos abaixo do nivel do mar. Evidentemente a terra nesses lugares afundou-se depois que as arvores cresceram.

Na Pensylvania encontram-se fosseis de origem marinha em rochas que cobrem camadas de carvão. Porém, como o carvão é de origem vegetal, a terra deve ter descido abaixo do mar depois que as

camadas de carvão foram formadas de modo a permittir a deposição acima dellas de camadas contendo fosseis marinhos.

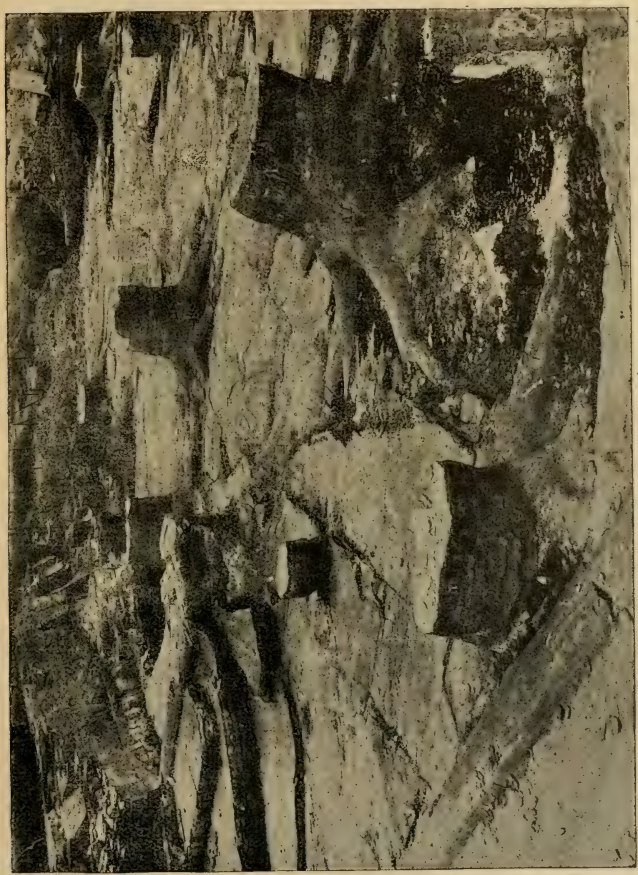


Fig. 46. — Tocos e troncos fosseis, de uma floresta carbonifera expostos n'uma pedreira em Partick perto de Glasgow, Escossia.

Nas costas do Perú o carvão tem sido minerado abaixo do mar; este carvão deve tambem ter-se originado sobre a terra, e sub-

sequentemente por uma depressão d'ella foi levado abaixo do nivel do mar.

II. **Os coraes abaixo do nivel em que elles podem viver.** — Os coraes formadores de recifes não podem desenvolver-se n'agua mais profunda do que quarenta e seis metros. Os poços abertos sobre os recifes de coral ao nordeste da Australia em 1897 penetram em coral até uma profundidade de duzentos e treze metros. Esta profundidade só teria sido possivel pelo crescimento dos coraes dentro do limite de quarenta e seis metros e pelo abaixamento subsequente na importancia de cento e sessenta e sete metros pelo menos. Neste caso a depressão da superficie da terra tem sido cento e sessenta e sete metros ou mais.

III. **Os valles submergidos.** — Certas formas de valles são produzidas pela erosão da terra. Se esses valles estivessem proximos do oceano e a terra se afundasse, os fundos dos valles passariam abaixo d'agua onde elles se transformariam em bahias ou estuarios. Ao longo de muitas costas taes depressões têm produzido um litoral recortado com muitos portos. Os compridos e delgados fiordes na Noruega são apenas as extremidades inferiores de valles que foram levados abaixo do oceano por um abaixamento da terra. As bahias do Rio de Janeiro, Bahia, e Santos foram produzidas pela depressão abaixo do oceano de valles proximos á costa. Em Santos as extremidades superiores de muitos dos braços originaes daquella bahia foram aterrados pelos sedimentos provenientes da terra lançados nelles. Os lagos do estado do Alagôas, Lagôa Manguaba, Lagôa do Norte, Poxim e Jiquiá, são as extremidades inferiores de valles compridos que afundaram-se abaixo do nivel do mar de modo a formar bahias, e essas bahias têm tido suas boccas quasi fechadas pelas areias arremessadas sobre ellas pelas ondas.

Pouco depois do abaixamento da costa do Brasil havia muito mais portos do que existem agora; porém no correr do tempo esses valles rebaixados ou submergidos têm sido parcial ou completamente aterrados com sedimentos. Muitos, talvez a maior parte, dos mangues das costas do Brasil se formaram sobre lodos que aterraram comple-

tamente valles submergidos. Na Parahyba do Norte um desses valles submergidos foi sondado no ponto onde elle foi cruzado pela estrada de ferro entre a cidade e Cabedello. Nesse logar elle tem 11.7 metros de profundidade mostrando uma depressão de pelo menos aquella quantidade (1) (Figura 47). E' muito provavel que naquella mesma vizinhança existem outros e mais profundos valles submergidos.

Muitas vezes acontece que as sondagens no mar têm descoberto alguns desses valles, ou gargantas submergidas, que estendem-se por muitos kilometros fóra da costa. Em Nova York, por exemplo, verifi-

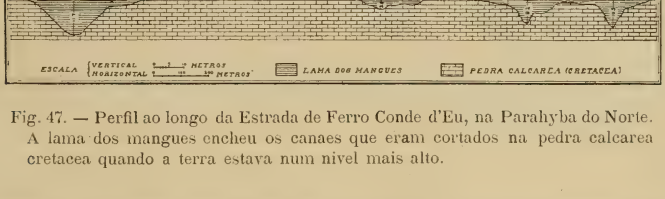


Fig. 47. — Perfil ao longo da Estrada de Ferro Conde d'Eu, na Parahyba do Norte. A lama dos mangues encheu os canaes que eram cortados na pedra calcarea cretacea quando a terra estava num nivel mais alto.

cou-se que o canal do Rio Hudson estende-se muitos kilometros além da bocca actual daquelle rio (2). Na costa do Pacifico na America do Norte as sondagens têm mostrado a existencia de muitos valles profundos submergidos que se ligam com o antigo systema de drenagem da terra vizinha (3).

A parte sul da America do Sul desde Terra do Fôgo até Ancud na costa occidental, e incluindo o estreito de Magalhães, é uma região de depressão onde os valles perto da costa tornaram-se canaes e estreitos (fiords). Sondagens no Atlantico ao largo dos Abrolhos mos-

---

(1) J. C. Branner. *The stone reefs of Brazil*, pags. 129-132. Cambridge, 1904.

J. C. Branner. *Geology of northeast Brazil. Bulletin of the Geological Society of America*, vol. VIII, pags. 51-52. Rochester, 1902.

(2) Lindenkohl. *American Journal of Science*, 1885, CXXIX, 475-480.

(3) George Davidson. *The submerged valleys of the coast of California*. Proceedings California Academy of Sciences, 3rd. series, *Geology*, I, pags. 73-101. San Francisco, 1897.

tram que a costa desta parte do Brasil antigamente ficava fóra d'agua, e que foi cortada profundamente por rios.

IV. **A distribuição das plantas e dos animaes.** — A pequena ilha de Santa Rosa na costa sul da California está a quarenta e cinco kilometros do continente do qual se acha separado por um canal de duzentos e quatorze metros de profundidade em sua parte mais raza. Restos de elephantes que abundam em condição fossilisada na terra firme têm sido encontrados tambem naquella pequena ilha. E' evidente que os elephantes nunca teriam atravessado do continente para a ilha desde que esta tornou-se ilha; elles devem ter vivido alli quando a ilha fazia parte da terra firme, e a separação foi causada pela depressão de toda a area, que levou abaixo d'agua as terras baixas intermediarias, deixando emerso o topo da montanha que hoje fórma a ilha de Santa Rosa.

Da mesma maneira a presença de elephantes fosseis na ilha de Sicilia prova que aquella ilha antigamente estava unida ao continente africano.

A distribuição dos animaes nas ilhas do Oceano Pacifico é de grande interesse sob este ponto de vista (1).

Os animaes encontrados como fosseis nas ilhas da Gran Bretanha e os achados no continente da Europa mostram que aquellas ilhas formaram anteriormente uma parte do continente. A sua separação actua foi causada por uma depressão que submergiu as terras baixas intermediarias.

Certos animaes encontrados na America do Sul, não só viventes como fosseis, mostram que aquelle continente tinha antigamente ligação terrestre com a Nova Zelandia, Australia e Africa. A separação foi causada por uma depressão que cobriu com agua as terras entre os actuaes continentes (2).

Tem-se verificado que certos rios separados que desaguam no

---

(1) A. R. Wallace. *Island life.* London, 1880.
A. R. Wallace. *Malay archipelago.* London, 1894.
(2) A. E. Ortmann. *Reports of the Princeton University expedition to Patagonia*, vol. IV. Part. II, Plate 39. Princeton 1902.

Oceano Pacifico ao longo da costa da California têm faunas eguaes de peixes, emquanto outros têm seus peixes inteiramente differentes. Estas particularidades são devidas ao facto que a costa anteriormente era mais alta e que naquelle tempo alguns daquelles rios que são agora separados uniam-se antes de chegar ao mar. Por uma depressão da terra a juncção dos rios foi levada abaixo do mar, e os peixes que anteriormente misturavam-se livremente foram assim separados, porque elles são de especies que não pódem entrar no mar para passar de um curso d'agua para outro.

V. **Registros humanos.** — Na Scania, uma cidade ao sul da Suecia, a depressão tem sido tão grande que certas ruas estão agora debaixo d'agua.

Perto da bocca do rio Mississippi existe um edificio construido no anno de 1690, mais ou menos. Em 1877 a terra nos arredores tinha abatido de modo que a soleira da porta do edificio estava trez metros abaixo do nivel d'agua. Em 1896 foi verificado que o abaixamento continuava na mesma marcha, isto é, 1.52 centimetros por anno. Grandes extensões de terra nas proximidades da bocca do Mississippi têm sido abandonadas por causa da invasão d'agua do mar, devida ao abaixamento da terra (1).

VI. **A espessura das rochas sedimentarias.** — Já foi mostrado que as camadas sedimentarias são depositadas proximo ás linhas da costa e em aguas comparativamente razas. A espessura dos sedimentos que é possivel depositar em qualquer mar é necessariamente limitada pela sua profundidade. No estado de Arkansas na America do Norte os sedimentos carboniferos por si só têm uma espessura de sete mil duzentos e quarenta e oito metros; e essas camadas pela maior parte apresentam os caracteristicos de depositos em pantanos ou lagos de agua doce com certa uniformidade de caracter por toda a parte, se bem que incidentemente se encontrem depositos marinhos intercallados entre elles. Estes factos suggerem a hypothese que a região sobre

(1) E. L. Corthell, *O delta do rio Mississippi. National Geographic Magazine*, VIII, pags. 352-353. Washington, 1897.

a qual essas camadas se apresentam afundou-se proximamente com a mesma marcha que os sedimentos accumularam-se, e que de vez em quando esteve abaixo do nivel do mar. Estas camadas foram subsequentemente elevadas até á sua posição actual.

VII. **As falhas com grandes deslocamentos verticaes.** — No estado de Alabama, na America do Norte, uma falha passa atravez de camadas de carvão, e estas têm sido abaixadas até ficarem contrapostas a rochas que estiveram originariamente a 3,000 metros ou mais abaixo das camadas de carvão. E' evidente que, n'um tal caso, ou o lado com o carvão se afundou pelo menos tres mil metros, ou que o lado opposto se elevou daquella quantidade. Como, porém, o carvão foi levado abaixo do nivel do mar, não ha duvida que grande parte desta falha foi causada por uma depressão.

VIII. **A larga distribuição de conglomerados graúdos.** — Os sedimentos marinhos pesados são sempre depositados nas praias ou proximo dellas onde as correntes são fortes. Porém encontramos em alguns casos sedimentos pesados, taes como conglomerados, espalhados sobre enormes areas. Tal distribuição só poderia ser produzida por um rebaixamento gradual da terra fazendo com que grandes areas passem por uma condição de praia. Sob estas condições os sedimentos pesados seriam depositados ao longo de uma linha parallela á praia; porém á medida que a depressão continuava os materiaes conglomeraticos seguiram a linha invasora da costa sobre uma extensa area. A existencia de conglomerados sobre grandes areas é portanto considerada como uma prova de depressão.

Distribuição de mudanças do nivel. — Os casos de elevação e depressão da superficie da terra que têm sido mencionados são apenas exemplos do que acontece, em um tempo ou em outro, sobre toda a superficie da terra. Acontece que essas mudanças proseguem mais rapidamente em um lugar que em outro, e que muitas vezes pode haver elevação em um ponto em quanto ha depressão em outro. Parece comtudo que nenhuma parte da crosta da terra está perfeitamente estacionaria por muito tempo. Em todos os continentes achamos

grandes areas cobertas com sedimentos espessos que foram dopositados abaixo do nivel do mar.

A marcha das mudanças do nivel. — Como já ficou dito a marcha das mudanças de nivel varia enormemente. No anno de 1871 recifes de coraes foram elevados tão subitamente na ilha de São Thomaz, Antilhas, que os polypos morreram sobre a praia posta em secco. Darwin diz que um baixio rochoso proximo á Ilha de Santa Maria na costa do Chile, perto de Concepcion, foi levantado tão subitamente em 1834 que os mexilhões morreram onde estavam presos á rocha (1).

Por observações directas verificou-se que a costa da Noruega ao norte de Stockholm está subindo com uma marcha de 1.52 a 1.82 metros por seculo. A costa da New Jersey na America do Norte está afundando na marcha de sessenta e um centimetros por seculo. Recentes linhas de nivelamento de precisão corridas nas vizinhanças dos grandes lagos da America do Norte demonstram que a superficie da terra naquella região está sendo pendida para o lado de oéste na razão de 0.128 metros por seculo em uma distancia de cento e sessenta kilometros. Na bocca do rio Mississippi está tendo lugar um abaixamento na marcha de 1.52 metros por seculo.

As causas de elevação e depressão.

Para explicar as mudanças de nivel na superficie da terra, ou os movimentos de elevação e depressão, tem-se recorrido a quatro classes de phenomenos.

O aquecimento e resfriamento das rochas causam contracção e expansão, e acredita-se que isto por si só é capaz de causar muitas das mudanças de elevação e de depressão quando grandes areas e grandes profundidades de rochas são envolvidas nestas mudanças de temperatura.

A theoria da isostasia (2), ou o ajustamento da crosta da terra para

(1) Charles Darwin, *Geological observations*, 2d. ed., pag. 216.

(2) J.-F. Hayford. *The geodetic evidence of isostacy*. Washington, Acad. Sc., VIII, 25-40. Washington, 1906; *Journal of Geology*, XX, 526-578. Sept.-Oct. 1912.

a carga de rocha que soffre deslocação sobre ella, tem sido apresentada por alguns geologos como a causa destes movimentos. A idêa é que se enormes massas de rochas são deslocadas de uma parte da terra para outra, o lugar do qual a carga é tirada deve subir e aquelle para o qual é transferida deve-se afundar. O afundamento da região nas proximidades da bocca do rio Mississipi é explicado conforme esta theoria pelo facto que o lodo transportado para aquelle rio está-se accumulando em enormes quantidades no fundo do golpho do Mexico nas vizinhanças immediatas da bocca do rio.

As mudanças da condição do interior da terra têm sido apresentadas como um contribuinte da mudança de nivel. E' sabido que certas rochas contrahem-se pela crystalisação. Se taes rochas formavam uma parte consideravel da crosta da terra, nós podemos razoavelmente esperar mudanças de nivel causadas pela crystalisação de taes camadas.

A mudança de volume pela perda d'agua, ar ou gazes é tambem capaz de produzir mudança de nivel, especialmente depressões.

A absorpção de agua ou gaz pelos mineraes ou pelas rochas, e o aquecimento ou esfriamento causando incremento ou diminuição de volume são forças capazes de produzir elevação ou depressão da superficie da terra.

Nos casos que acabamos de considerar, apenas empuxos para cima e para baixo foram tomados em conta. As mudanças de nive podem-se effectuar, e effectivamente se effectuam, pela acção de quaesquer empuxos ou esforços, seja qual fôr a sua origem, que produzam dobras ou falhas nas rochas. E um esforço que dobra as camadas é capaz de produzir ambas as mudanças de nivel; isto é, tanto elevação como depressão, até no mesmo tempo. O mesmo se verifica para as falhas, podendo o empuxo que as produz elevar as rochas de um lado emquanto descem no lado opposto. Não se deve suppôr portanto que todas as elevações são devidas a empuxos directos de dentro e em angulo recto á crosta da terra.

Agentes organicos, ou trabalhos dos organismos na geologia.

Os agentes organicos em suas relações com a geologia podem ser *destructivos*, *protectivos* ou *constructivos*.

1.° *Agentes organicos e destructivos* são aquelles que produzem ou apressam a decomposição das rochas e mineraes.

2.° *Agentes protectivos* são aquelles que protegem as rochas, taes como algas, vermes, e mexilhões que protegem as rochas das praias contra a força das ondas;

3.° *Agentes constructivos* são aquelles que formam rochas novas, como a turfa que se forma de plantas, e calcareos que se formam dos restos de animaes de esqueletos calcareos.

I. — Os agentes organicos destructivos.

PLANTAS

A decomposição de plantas e de animaes produz acidos humicos.

Nos processos de deterioração todas as plantas e animaes vêm debaixo deste titulo, porque mais cedo ou mais tarde todos os organismos morrem e decompõem-se, e na decomposição elles produzem acido humico e outros acidos que atacam os mineraes das rochas. Nas regiões tropicaes o crescimento e a deterioração das plantas são extremamente rapidos, sendo correspondentemente grande a quantidade daquelles acidos em taes regiões.

Na parte do sul da Florida os cursos d'agua são tão carregados com acidos organicos produzidos pela decomposição da vegetação que suas margens calcareas são notavelmente solapadas pelo poder dissolvente da agua (1).

---

(1) N.-S. Shaler. *The topography of Florida. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, XVI, n. 7, pags. 144-145.

As raizes das plantas atacam as rochas tanto chimicamente, como mechanicamente. Em uma experiencia feita para determinar o effeito chimico das raizes das plantas sobre certos mineraes, alguns annos atraz, um botanico pôz plantas novas n'um vaso tendo no fundo uma placa de marmore polida. Depois das raizes das plantas terem alcançado o fundo do vaso, a placa de marmore foi retirada e viu-se que estava coberta com linhas embaçadas de corrosão em todos os pontos onde as radiculas em crescimento tocavam-n'a (1). Evidentemente, pois onde as pontas das raizes em crescimento ficam em contacto com rochas e mineraes, alguma parte da materia mineral é decomposta e absorvida pela planta.

Fig. 48. — Secção mostrando as raizes de plantas penetrando o solo e contribuindo para a fragmentação de rochas duras.

A acção mechanica das raizes das plantas é familiar a todos. Plantas novas que nascem nas fendas das rochas separam-n'as á medida que crescem. Nas regiões do solo pouco espesso as raizes frequentemente penetram abaixo das camadas de rocha e á proporção que crescem, essas camadas são erguidas das camadas inferiores. Quando as rochas apresentam camadas ou juntas verticaes as raizes penetram nas fendas e com o crescimento separam e fragmentam as rochas (Fig. 48).

(1) A. D. Hall. *The solvent action of roots. Science Progress*, London 1906, I, 51-57.

Nas regiões semi-aridas as raizes das plantas penetram a uma profundidade muito maior. Em todos estes casos a tendencia das raizes das plantas é quebrar as rochas e os mineraes e absorvel-os.

A profundidade alcançada pelas raizes das plantas é maior do que provavelmente se suppõe, se bem que essa profundidade varia muito com as especies. Raizes de cerca de meia pollegada de diametro têm sido verificado penetrarem no solo e nas rochas até á profundidade de vinte metros.

Além dessa influencia mechanica as raizes fornecem caminhos pelos quaes as aguas da superficie penetram mais promptamente na terra. Quando os engenheiros constroem reprezas permanentes sobre fundações de solo elles têm o cuidado de tirar todas as raizes das arvores de modo a evitar que a agua, seguindo-as atravez das fundações, as ponha em perigo por causa de taes canaes subterraneos. Além disso todas as raizes, deteriorando-se, contribuem com os acidos organicos que atacam as rochas.

ANIMAES

Os animaes cavadores são agentes geologicos de importancia em todas as regiões. Darwin escreveu um trabalho muito interessante dando os resultados dos seus estudos sobre o trabalho das minhocas, ou vermes da terra. Elle mostrou que estes humildes animaes são agentes geologicos importantes e muito activos. Nas regiões tropicaes as formigas são excessivamente abundantes e penetram no solo sobre extensas areas e em profundidade de mais de tres metros. No Brasil todos são familiares com a destruição causada pelo cupim e formiga em varias especies de plantações.

A vegetação é levada para dentro dos tunneis feitos pelas formigas, onde deteriora-se e contribue com acidos organicos para atacarem as rochas e mineraes do solo, emquanto os proprios tunneis expõem a terra a uma circulação mais rapida, tanto do ar como d'agua. As figuras 49 e 50 mostram alguns dos grandes montes feitos pelas formigas no interior do Brasil.

Os montes feitos pelas formigas ás vezes attingem a altura de 4.5 metros com diametro de 15 metros na base, e contendo 265 me-

metros cubicos de terra. Em certos lugares esses insectos tornam-se verdadeiras pragas pela destruição das plantações. Talvez não haja lugar no mundo onde as formigas e os termitas ou cupim tenham tanta importancia geologica como no Brasil (1).

Existem tambem alguns animaes vertebrados, taes como preás e tatús, que vivem em buracos que penetram na terra a profundidades consideraveis. Essas aberturas tanto abrem a terra á circulação do ar

Fig. 49. — Monte feito pelas formigas, perto de Mundo Novo, estado de Bahia. *(Crandall.)*

e d'agua, como tambem os materiaes removidos, quando trazidos á superficie, ficam mais expostos do que quando estavam debaixo da terra.

Nas costas e sobre o fundo rochoso e razo do mar certos molluscos, taes como *Pholas* e *Lithodomus*, fazem buracos nas rochas. Os

(1) J.-C. Branner. *The geologic work of ants in tropical America. Bulletin Geological Society America*, XXI, 449-496, 1910.

ouriços do mar tambem excavam buracos razos, mesmo nas rochas as mais duras. A figura 51 mostra como as rochas são ás vezes completamente esburacadas de covas razas. Taes ouriços são abundantes ao

Fig. 50. — Monte feito pelo cupim. De uma photographia tirada perto de Queluz, no estado de Minas Geraes. *(Branner.)*

longo da costa do Brasil. O recife de Pernambuco e outros semelhantes do norte do Brasil são ás vezes cavados desta maneira pelos ouriços do mar.

Os caranguejos e certas especies de camarões esburacam os leitos

dos cursos d'agua e as terras molles e pantanosas ao longo das suas margens. Estas aberturas tambem auxiliam de algum modo a circulação das aguas do subsolo.

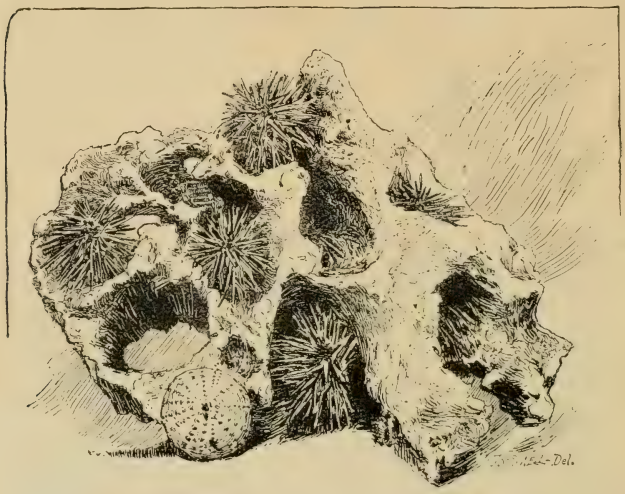


Fig. 51. — Uma rocha dura (rhyolite compacto) cavada por ouriços do mar. Ilha de Santo Aleixo, na costa de Pernambuco.

II. — Agentes organicos protectivos ou preservativos.

Protecção das praias por animaes. — Nos mares a protecção das rochas e praias é muitas vezes effectuada pelos vermes (serpulas), mexilhões e coraes entre os animaes, e pelas algas e as coralinas (algas calcareas) entre as plantas. Os coraes tambem formam recifes de muitos kilometros de extensão e largura que elevam-se do fundo do mar até á superficie das aguas (em maré baixa). Esses recifes cujo crescimento é sempre limitado ás aguas razas, quebram a força das ondas que de outro modo cortariam mais rapidamente as praias.

Onde os pontos rochosos hajam soffrido por muito tempo a força

das ondas vê-se que as rochas estão cobertas com algas e tubos de vermes e algumas vezes com mexilhões e cracas, todos dos quaes fazem com que a rocha melhor resista á acção triturante das ondas. Parece muito provavel que estes agentes protectivos tenham tornado os recifes de pedra do Rio Grande do Norte, Traição, Pernambuco, Rio Formoso, Porto Seguro, Santa Cruz, etc., capazes de resistir por tanto tempo ás ondas do oceano. Ao longo de algumas costas onde as rochas são um tanto molles existe algumas vezes uma aresta saliente coberta por algas e mexilhões, sendo esta protecção devida á protecção fornecida ás rochas por esses organismos crescentes sobre suas superficies. Na costa do Japão existem pilares de cabeça grande cujos topos são assim protegidos por mexilhões (1).

Protecção pelas plantas. — Os extensos *mangues* da costa do Brasil não só protegem a terra contra as esfregações das correntes das marés, como tambem, reprimindo aquellas correntes, causam a deposição rapida de lodos e consequentemente acceleram a formação de terra firme nas partes razas dos estuarios.

N'agua doce existem outras naturezas de plantas que protegem a terra contra os agentes destructivos. Ao longo do rio Amazonas e do rio Paraguay bambús e muitas outras plantas das ribanceiras inclinam-se para a agua e assim enfraquecem mais ou menos a correnteza, difficultando o córte rapido de suas margens pelos rios. Em muitos de nossos cursos de agua doce existem enormes quantidades de « Baroneza » ou « Dama do lago », uma planta fluctuante que enfraquece as correntes e a erosão, e tambem quando morrem e vão ao fundo contribuem com grandes quantidades de materias organicas para o lodo depositado onde ellas se desenvolvem.

Quando acontece que certas plantas que medram em terrenos arenosos se estabelecem sobre dunas ellas fazem parar o assopramento daquellas areias. Ao longo da costa do Rio Grande do Norte havia antigamente enormes dunas de areia que agora estão cobertas de florestas porque o assopramento das areias foi primeiramente impedido

(1) Agassiz. *Bul. Mus. Comp. Zoology*, XXVI, 53. Cambridge, 1894.

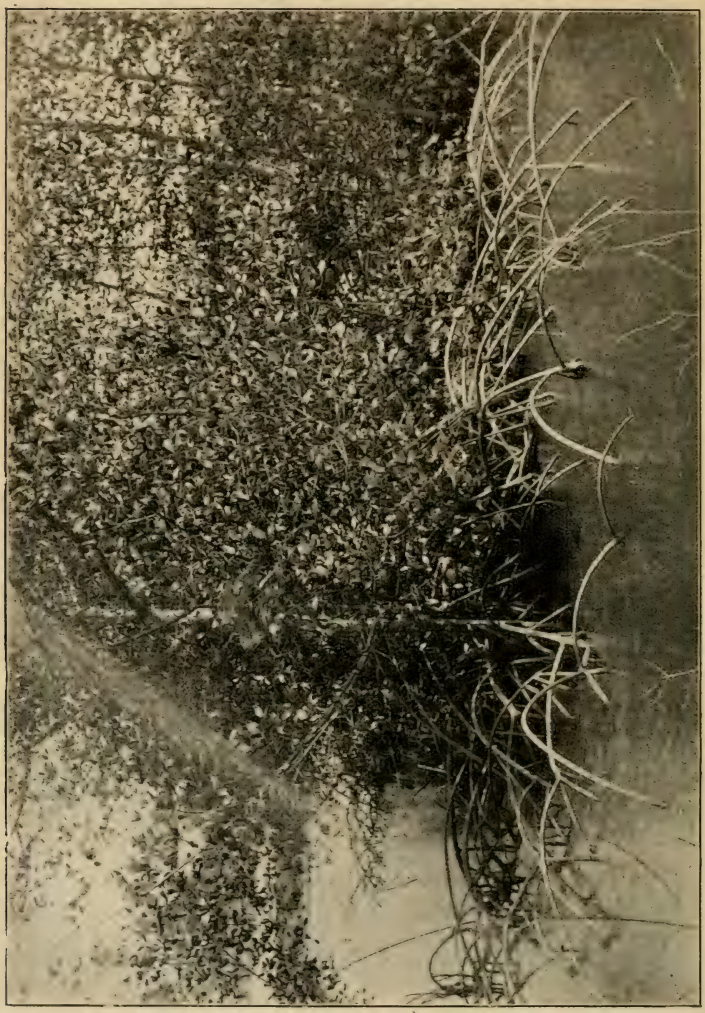


Fig. 52. — As raizes aereas do mangue e o seu modo de esgalhamento. (Photographia tirada em Pernambuco.)

pelas plantas rasteiras amantes de areia até que as arvores tiveram tempo de se enraizar. Em alguns paizes se trata de fixar as dunas pelo plantio de taes plantas.

Na Ponta Mucuripe ao sul de Fortaleza e á foz do Rio Grande do Norte tem-se feito taes plantações a fim de fixar as areias volantes.

Em todas as regiões cobertas de floresta as aguas das chuvas são impedidas pela vegetação de escoarem-se immediatamente. As folhas mortas e os detritos das arvores formam uma camada espessa, molle e esponjosa que detem a agua e assim reduz a erosão que de outra sorte seria mais rapida quando os cursos d'aguas se acham augmentados pelas chuvas.

III. — Agentes organicos constructivos.

Os organismos contribuem grandemente para a formação das rochas e mineraes da terra.

Os depositos de origem organica, porém, variam muito entre si em caracter, em composição e nos methodos de accumulação. As plantas formam maior numero de depositos differentes do que os animaes como se vê da lista seguinte:

As plantas formam depositos. . .	Carbonaceos.
	Sulfurosos.
	Ferruginosos.
	Nitrogenosos.
	Silicosos.
	Calcareos.
Os animaes formam depositos. . .	Calcareos.
	Silicosos.
	Phosphaticos.

Estes depositos não incluem os formados pelas substituições. Elles serão considerados na ordem dada.

As plantas como agentes constructivos. — Depositos carbonaceos. — As accumulações mais importantes de materiaes carbonaceos que temos de tratar em geologia são os depositos de carvão de

pedra, lignite, turfa e os depositos correlativos de hydro-carbonos, isto é, — petroleo, gaz natural, asphalto e os varios compostos de petroleo. As partes carbonaceas das rochas são derivadas principalmente das plantas. A gradação de alguns desses mineraes entre si é instructiva.

ROCHAS ORIGINARIAS DE PLANTAS CARBONACEAS	PERCENTAGEM DE OXYGENIO	PERCENTAGEM DE CARBONO
(Madeira)	44.	49
Turfa	30 — 40	59
Lignito	20 — 35	68
Carvão bituminoso	10 — 15	81
Carvão antharcito	$1^1/_2$ — $2^1/_2$	95
Graphite	0	100
(Diamante)	0	100

Nesta taboa nota-se que nessas substancias parece haver uma certa graduação de uma para outra e que a percentagem de carbono augmenta da madeira para a graphite á proporção quo o oxygenio decresce. Isto fornece uma suggestão valiosa em relação ás mudanças soffridas pela madeira e turfa na sua transformação em lignito e carvão.

TURFA

A turfa (1) é materia lenhosa que perdeu parte do seu oxygenio e está assim parcialmente transformada em carvão. Forma-se em terreno pantanoso e humido chamado turfeiras (« peat-bogs » ou « peat-mosses »), pelo crescimento do *Sphagnum*, uma especie de musgo. Este musgo frequentemente cresce nas margens dos lagos razos e estes lagos ficam eventualmente cheios pelas massas sempre invasoras de plantas. Essas plantas morrem nas raizes emquanto as partes

(1) Hampus von Post. *The formation of peat-mosses, Bulletin Geological Institute of the University of Upsala*, 1892-3, vol. I., p. 284; II, 345.

superiores ficam vivas e crescendo para cima. Com o correr do tempo o musgo no fundo de um desses charcos (bogs) torna-se pardo escuro ou negro; a estructura vegetal desapparece gradualmente e a substancia toma uma consistencia semelhante a queijo. A turfa é tambem formada por outras plantas além do *Sphagnum*.

A marcha de crescimento da turfa varía conforme as condições desde alguns centimetros até um metro ou mais por seculo.

Extensão. — A extensão das turfeiras na Irlanda é tão grande que chegam a cobrir uma setima parte de toda a ilha. O « moss » de Shannon, um dos maiores da Irlanda tem de tres a cinco kilometros de largura e oitenta kilometros de extensão. Na America do Norte o Dismal Swamp da Virginia cobre uma area de setecentos e setenta e cinco kilometros quadrados. Em Norfolk, Inglaterra, existem mil duzentos e noventa e cinco kilometros quadrados de turfa. Depositos semelhantes são encontrados no norte da Europa. No Brasil dizem existir depositos extensos de turfa entre Macahé e Campos no estado do Rio de Janeiro (1), e tambem na região do Amazonas.

Devido á natureza molle da turfa algumas vezes acontece depois de grandes chuvas que os charcos transbordam e a turfa desce os valles como avalanches ou desmoronamentos de lama. Em algumas regiões onde o combustivel é dispendioso a turfa é cortada em parallelepipedos que são empilhados e deixados seccar, para serem empregados como combustivel para usos domesticos. Ella é muito usada na Irlanda e no norte da Europa. O lignito ou carvão pardo parece derivar-se da turfa por uma perda de oxygenio e um augmento correspondente de seu conteúdo em carbono.

LIGNITO

O lignito é achado não em pantanos como a turfa, porém enterrado sob camadas de rochas como o carvão, e frequentemente cobrindo muitos kilometros quadrados. As mudanças pelas quaes a turfa é transformada em lignito são tão demoradas que não podem ser observadas;

(1) *O Novo Mundo*, Out. 23, 1875, VI, 19.

entretanto é concludente a evidencia da derivação do lignito da turfa. Essa prova consiste nos seguintes factos :

I. — Espóros de plantas semelhantes aos da turfa são achados no lignito.

II. — Impressões de plantas taes como as que se acham nos charcos de turfa são encontradas no lignito.

III. — A turfa e o lignito são ás vezes achados passando gradativamente uma a outra.

IV. — As camadas de argilla que muitas vezes se encontram em baixo das camadas de lignito contêm as impressões das raizes que nellas penetraram exactamente como as raizes penetram as argillas debaixo dos depositos de turfa.

V. — Tem sido até demonstrado experimentalmente que a turfa pode ser transformada de maneira a parecer-se nas suas propriedades physicas com o carvão (1).

A interstratificação de lignito com camadas sedimentarias contendo fosseis marinhos mostra indubitavelmente que os charcos de turfa em que os lignitos se originaram foram occasionalmente abaixados de modo a ficarem cobertos pelo mar (2).

CARVÃO BITUMINOSO

O carvão bituminoso, como já foi suggerido, é uma alteração mais adiantada do lignito. Não se deve suppôr contudo que essas mudanças de turfa para lignito, e de lignito para carvão têm logar com perceptivel rapidez. A mudança é tão vagarosa que é duvidoso que ella possa ser percebida em um seculo ou mesmo em varios seculos. As camadas de carvão bituminoso geralmente têm camadas de argilla por baixo dellas justamente como o lignito e a turfa, e essas camadas de argilla são muitas vezes abundantemente penetradas pelas raizes das plantas. Frequentemente tocos de grandes arvores são encontrados a pino nas

(1) David White. *Economic Geology*, 1908, III, 292-318.
(2) *Science*. Jan. 21, 1898. new ser. Vol. VII, p. 83.
W. H. Twenhofel. *Am. Jour. Sci.*, 1910, CLXXX, 65-71.
J.-J. Stevenson. *Proc. Amer. Phil. Soc.*, 1911, L. 1-116.

partes inferiores das camadas de carvão com suas raizes enterradas nos sedimentos subjacentes (1). (Vêde fig. 46, pag. 163).

CARVÃO ANTHRACITE

O carvão anthracite representa uma mudança mais adiantada do carvão bituminoso produzida por mais uma perda de oxygenio e um augmento correspondente da percentagem do carbono. Em alguns casos esta mudança tem ido tão longe que o carvão perde algumas de suas propriedades valiosas. O anthracite de Rhode Island na America do Norte tem soffrido uma transformação tão grande que não tem tanto valor para combustivel como o encontrado na Pennsylvania.

Varias theorias da origem do carvão de pedra. — A theoria de ser o carvão originario da turfa é hoje a geralmente acceite pelos geologos.

O carbono do carvão vem da atmosphera, e é assimilado pelas respectivas plantas; o carbono do ar provém do mar e das rochas crystallinas, de maneira que assim a atmosphera pode ficar approximadamente sempre com a mesma composição.

Os fosseis achados no carvão tambem indicam a origem da turfa.

Outras theorias têm sido suggeridas e têm de ser de vez em quando consideradas e respondidas.

I. — *A origem marinha* para o carvão tem frequentemente sido suggerida; isto é, que o carvão foi formado por uma accumulação de algas. Esta theoria tem sido proposta em parte por causa da larga distribuição de carvão em algumas regiões, e em parte por causa dos depositos marinhos occasionaes encontrados intercallados com as camadas sedimentares em que o carvão apparece. Uma objecção valiosa a esta theoria é que as algas são compostas exclusivamente de tecidos cellulares e não contêm verdadeiro lenho. Uma outra objecção é que os

(1) W. S. Gresley. *Coal plants... Geological Magazine*, Dec., 1900, VII, págs. 538-544.

esporos encontrados tão abundantemente no carvão são os de plantas terrestres e d'agua doce — não os de plantas marinhas.

II. — Tambem tem-se proposto a hypothese de que os materiaes que formam o carvão foram soprados pelo vento *da terra para os lagos.* Muitos factos em relação ao carvão admittem uma explicação tal; porém as areas cobertas por alguns terrenos carboniferos são tão grandes que esta theoria deve ser considerada como completamente inadequada. Os estratos, contendo carvão, na America do Norte, cobrem uma area de cerca de quinhentos e vinte mil kilometros quadrados.

III. — *Os madeiros transportados pelas correntes* têm sido indicados como uma fonte possivel de camadas de carvão. Nas regiões de grandes mattas o material dessa especie que é carregado durante as enchentes é muito grande. Em algumas regiões os rios na parte inferior de seu curso ficam completamente obstruidos pelos madeiros fluctuantes e a agua é obrigada a procurar novos canaes. Taes depositos, porém, são de distribuição e espessura desiguaes, e estão misturados com a lama depositada pelas mesmas correntes. *Pelo contrario* as camadas de carvão são pela maior parte de notavel egualdade de espessura por milhares de kilometros quadrados sem mistura de lama. Parece pouco provavel que os madeiros fluctuantes tenham produzido as grandes camadas de carvão do mundo.

IV. — *Os madeiros carregados para o mar por cursos d'agua* têm tambem sido citados; porém o facto que troncos a pino são frequentemente encontrados na parte inferior das camadas de carvão com suas raizes penetrando nas camadas que lhe ficam por baixo, mostra que as arvores devem ter crescido no proprio lugar do carvão e como as arvores não podiam ter crescido no mar as camadas de carvão não podem ter sido formadas nelle.

A graphite é uma fórma pura de carbono que se julga ter sido derivada de plantas pela perda de oxygenio. A graphite é encontrado em algumas das rochas mais antigas onde se suppõe ter sido formado pelo effeito do calor sobre o carvão ou sobre as plantas que produzem carvão. Como, porém, a graphite se apresenta tambem em meteoritos e em certas rochas eruptivas, esta hypothese não é applicavel a todas as suas jazidas.

Os diamantes são egualmente carbono puro. Diversas theorias têm sido emittidas para explicar a origem dos diamantes, e não é impossivel ou mesmo inverosimil que elles tenham-se originado por mais de uma maneira. No Brasil o facto da graphite ter sido encontrada nas camadas do itacolomite — a rocha da qual a maioria dos diamantes brasileiros parecem ter sido derivados — é considerado como uma suggestão que os diamantes podem ter sido formados por uma maior alteração e crystalização da graphite embora a prova neste ponto esteja longe de ser concludente (1).

Na Africa do Sul os diamantes se acham associados aos folhelos carbonaceos e rochas eruptivas, e suppõe-se que este material forneceu o carbono para os diamantes. Os diamantes e carbonados da Bahia parecem ser formados nos « Quartzitos de Lavras » côr de rosa, onde se acham in situ (2).

Perto de Diamantina, no estado de Minas Geraes, nas minas de Sopa, ha diamantes em conglomerados, e alguns geologos são da opinião que os diamantes deste lugar são derivados de outras rochas mais antigas.

Depositos sulfurosos feitos pelas plantas. — Certas bacterias extraem o enxofre d'agua sulfuretada dos esgottos e o accumulam em globulos. As bacterias que formam enxofre são tambem achadas nas fontes quentes no Japão onde a temperatura varia de 68° á 69° centigrados. Essas formas, porém, só podem viver em agua contendo sulfureto de hydrogenio, e os depositos feitos por ellas não são grandes ou especialmente importantes.

Depositos ferruginosos feitos pelas plantas. — As aguas que procedem da terra muitas vezes contêm ferro em solução na fórma de um carbonato. Certas bacterias tiram dessas aguas o bioxydo de carbono e o oxydo de ferro é precipitado. Desta maneira por intermedio de plantas inferiores se formam depositos de minerios de ferro.

---

(1) J. C. Branner. *Minerals associated with diamonds and carbonados in the state of Bahia, Brazil. American Journal of Science*, June 1911, 480-490.

(2) O. A. Derby. *Brazilian evidence on the genesis of the diamond. Journal of Geology*, VI, pags. 121-146. Chicago, 1898.

Depositos nitrogenosos. — O nitro ou salitre é tambem formado por intermedio de fórmas inferiores de plantas conhecidas como bacterias nitrificantes.

Depositos silicosos feitos pelas plantas. — As diatomaceas são fórmas inferiores de plantas (algas) que vivem n'agua salgada ou na agua doce. Essas diatomaceas têm esqueletos muito delicados de silica extrahida da agua em que vivem. Seus esqueletos são tão extremamente pequenos que só podem ser vistos com um microscopio composto de grande augmento. As diatomaceas vivem proximo á superficie de certos mares, e quando morrem seus esqueletos afundam e accumulam-se em quantidade tal que formam depositos muitas vezes de grande espessura. No estado da California esses depositos de diatomaceas têm uma espessura de quasi dois mil metros.

Logo que as camadas se formam os materiaes são molles e pulverulentos; porém com o correr do tempo elles tornam-se semelhantes a giz, e mesmo por um processo de mudança interna elles se transformam em pederneira. Quando estes depositos de diatomaceas são molles e puros, ou sem mistura de outros materiaes, o seu material é muitas vezes empregado como pó para polir (tripoli) e para varios fins de abrazão.

Pelo facto que os esqueletos das diatomaceas são localmente mudados em pederneira acredita-se que muitas das camadas desta pedra tenham sido formadas pela alteração de camadas formadas por esqueletos de diatomaceas.

Nas aguas doces, especialmente nas aguas razas e mortas de charcos e pantanos, as diatomaceas muitas vezes medram e os esqueletos silicosos accumulam-se nos fundos de taes massos d'agua. Em certas fontes thermaes fórmas baixas de plantas que secretam silica muitas vezes medram e formam *sinter* silicoso.

A *madeira silicificada* não é propriamente fallando um deposito silicoso feito por plantas, porém sim uma substituição da fibra lenhosa pela silica da solução. Em algumas partes do mundo, inclusive partes do Brasil, abunda madeira silicificada encontrando-se enormes troncos de arvores prostrados e tócos a pino inteiramente compostos de silica.

No Rio Grande do Sul acham-se pedaços grandes de troncos silicificados. Estas amostras geralmente se acham enterradas nos cascalhos e areias.

DEPOSITOS CALCAREOS PROVENIENTES DE PLANTAS

Os *Depositos calcareos* provenientes de plantas são formados pelas *coralinas,* ou algas calcareas. As plantas desta natureza são abundantes nas proximidades dos recifes de coral ao longo da costa do Brasil, e ellas contribuem muito para os materiaes que compõem os proprios recifes e para os depositos submarinhos nas vizinhanças de taes recifes. Essas *coralinas* são geralmente mais ou menos quebradas pelas ondas e as accumulações são frequentemente feitas deste material fragmentado. Além da formação directa dos depositos calcareos por esta maneira algumas vezes acontece que os depositos calcareos são produzidos indirectamente pelas algas. Citam-se casos, por exemplo, em que aguas contendo muito carbonato de cal em solução são desprovidas do bioxydo de carbono pelas algas causando a precipitação da cál na forma de nodulos.

OS ANIMAES COMO AGENTES CONSTRUCTIVOS

As accumulações geologicas formadas directamente pelos animaes são *calcareas*, *silicosas* ou *phosphaticas*.

A. Depositos calcareos feitos pelos animaes. — As accumulações calcareas formadas pelos animaes são de tres categorias :

I. — Coraes e serpulas cujos esqueletos estão presos ás rochas ou ao fundo do mar.

II. — Conchas de organismos marinhos microscopicos que vivem na superficie ou proximo á superficie d'agua.

III. — Restos de outros animaes tendo esqueletos calcareos taes como molluscos, radiados, crustaceos e vertebrados.

RECIFES DE CORAL (1)

Sob o titulo de recifes de coral vem as mais importantes de nossas camadas calcareas, não só antigas como modernas. Entre as formações antigas das rochas do mundo existem muitas camadas que se originaram como recifes de coral, e esses calcareos especialmente os calcareos dolomiticos cobrem extensas areas da actual superficie terrestre do globo. Actualmente os recifes de coral occupam enormes areas em quasi todos os mares tropicaes. Na costa da Australia, por exemplo, os recifes têm uma extênsão de dous mil kilometros e uma largura de dezeseis a cento e quarenta e cinco kilometros. Na costa do Brasil os recifes de coral estendem-se com algumas interrupções desde a extremidade sul dos Abrolhos até o Cabo de São Roque e a ilha das Rocas, uma distancia de mil e oitocentos kilometros.

Polypos coraliferos. — Embora os recifes de coral sejam rochas duras, os seus materiaes rochosos são os restos de esqueletos de polypos carnosos e molles que medram nas aguas quentes do mar. Estes animaes têm uma estructura radiada — uma bocca cercada por tentaculos radiantes — e pertencem á divisão do reino animal que se chama Radiados ou Cœlenterados. São animaes pequenos inconspicuos não tendo nenhum dos polypos que constroem os recifes encontrados nas costas do Brasil mais que tres centimetros de largura quando fechados (2).

As partes carnosas desses polypos são molles, gelatinosas e muitas vezes transparentes embora ellas variem muito em côr. Porém emquanto as partes superiores dos polypos são gelatinosas e capazes

---

(1) Charles Darwin. *The structure and distribution of coral reefs.* 3d. ed. London, 1889.

J. D. Dana. *Corals and coral islands.* 3d. ed. New York, 1890.

John Murray. *On the structure and origin of coral reefs and islands.* Proceedings of the Royal Society of Edinburgh., 1880, X, p. 505.

W. Saville-Kent. *The great barrier reef of Australia,* London.

(2) Deve-se fazer distincção entre o tamanho dos polypos individuaes e o tamanho das massas rochosas de coral feitas pelas colonias desses polypos crescendo conjunctamente. Os polypos são pequenos, emquanto as massas de rocha são frequentemente de um metro ou mais em diametro.

de moverem-se de alguma maneira, os animaes secretam por baixo dos seus estomagos esqueletos de carbonato de cal que estão firmemente presos ás rochas e recifes do fundo do mar.

Á proporção que as partes carnosas dos polypos crescem por cima, os esqueletos internos ficam presos em baixo na forma de substancia rochosa e dura. A formação da rocha coralifera é assim uma funcção vital dos polypos que produzem coral; e os recifes são formados pelos polypos que vivem juntos em colonias ou communidades que muitas vezes estendem-se sobre centenas e mesmo milhares de kilometros quadrados. O carbonato de cal e de magnesia do qual esses esqueletos são formados é derivado d'agua do mar (1).

Deve-se prestar especial attenção a essas condições, porque ellas lançam muita luz sobre a historia de muitas de nossas pedras calcareas e sobre a historia da terra onde quer que taes rochas sejam encontradas.

Por exemplo, existem recifes de coral fosseis nas ilhas britanicas — uma região na qual as aguas do mar são agora tão frias que os coraes que fazem recifes não têm possibilidade de viver nellas. E' a necessidade desta temperatura que torna recifes de coral impossiveis fóra de mares quentes.

A existencia de recifes fosseis na Gran-Bretanha fornece uma suggestão interessante em relação ás mudanças de clima que aquelle paiz tem soffrido depois da formação daquellas rochas.

Formas de coral. — Os coraes que constroem recifes crescem em tres fórmas geraes. Elles podem ser ramosos, esphericos ou tabulados. Estas fórmas são abundantes nas costas do Brasil. Um dos mais abundantes dos coraes ramosos do Brasil é a *Millepora alcicornis* (fig. 53). Esse coral é achado em todos os recifes do Brasil.

Um dos coraes solidos ou hemisphericos encontrados nos recifes brasileiros é o *Porites solida*. Essa massa de coral é abundante sobre todos os recifes; elle varía em tamanho de alguns centimetros até um metro de diametro.

---

(1) *Nature*, June 12, 1890, pgs. 162, 166.

Fig. 53. — *Millepora alcicornis*. Um coral dos recifes de Pernambuco.

Os coraes tabulados não são tão abundantes como os outros e consequentemente não são tão importantes nos recifes brasileiros.

Ha boas amostras dos coraes do Brasil no Museu Nacional do Rio de Janeiro.

Para lista completa dos coraes do Brasil vède « The stone reefs of Brazil » by J. C. Branner, paginas 266–268.

Condições do crescimento do coral. — Os polypos reproduzem-se de duas maneiras:

1.° Por meio de ovos, que têm poder locomotivo na agua, e assim boiando movem-se livremente até que afinal collocam-se nas rochas no fundo do mar.

2.° Por meio de galhos ou ramas que se dividem á medida que as colonias crescem.

Embora os polypos que formam coral vivam sob enormes areas nos mares existentes, elles são extremamente sensiveis e medram sómente sob certas condições de profundidade, temperatura e caracter d'agua.

As condições são:

I. — Uma temperatura de 21° a 27,6° centigrados.

Assim é claro que recifes de coral só podem medrar, nos oceanos tropicaes.

II. — Uma profundidade de 46 metros ou menos; a profundidade mais favoravel é de 15 metros e menos.

Alguns coraes são achados em grandes profundidades no oceano porém são individuos isolados e não das especies que formam recifes. Embora os construidores de recifes possam viver em uma profundidade de quarenta e seis metros, elles medram melhor em uma profundidade de quinze metros ou menos. Este facto é tambem de importancia no estudo da historia dos movimentos verticaes da crosta da terra. Evidentemente é impossivel para um recife de coral ter uma espessura maior do que quarenta e seis metros, a menos que os recifes se afundassem emquanto os coraes crescem para cima. Existem contudo muitas camadas calcareas formadas de coral com uma espessura muito maior, e este facto justifica a conclusão que houve uma depressão naquelle lugar em progressão emquanto o recife estava sendo construido.

A poucos annos passados praticou-se uma sondagem em Funafuti ao nordeste da Australia com o fim de determinar a espessura dos recifes de coral ali existentes. Em Setembro de 1898 aquella sondagem tinha alcançado 300.8 metros de profundidade estando sempre em ro-

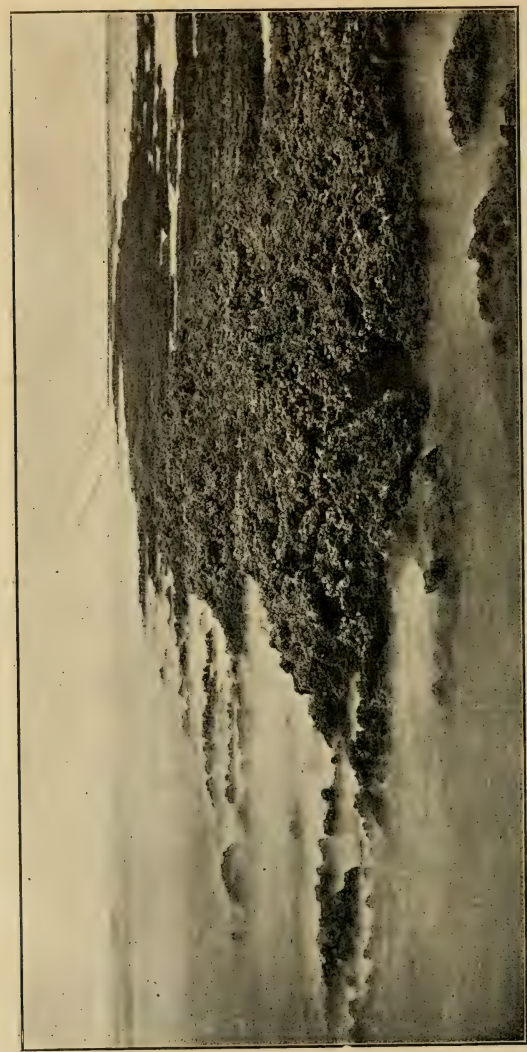


Fig. 54. — Recife de barreira na costa da ilha de Itaparica, Bahia. De uma photographia tirada com a maré baixa e olhando para o Sul.

cha de coral. Desprezando qualquer espessura addicional do coral que possa ainda existir abaixo daquella profundidade, é claro que aquelle lugar deve ter abatido pelo menos duzentos e cincoenta e cinco metros desde que os coraes começaram a crescer.

III. — Agua salgada clara.

O terceiro requisito para recifes de coral, o d'agua salgada clara, explica a ausencia de recifes em alguns mares razos e quentes onde as outras condições são aliás favoraveis. O grande volume d'agua doce derramado no oceano pelo rio São Francisco e a agua doce lamacenta despejada pelo rio Amazonas explicam a ausencia de recifes de coral ao longo da costa nas proximidades das boccas daquelles rios.

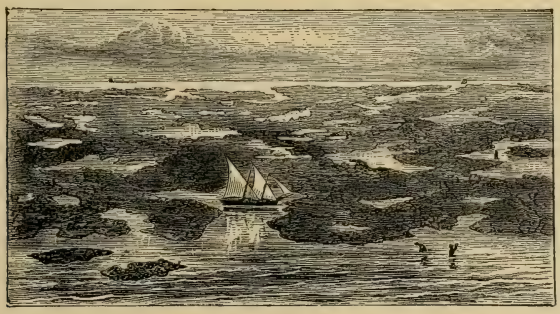


Fig. 55. — Esboço do recife da Lixa em frente da costa de Caravellas, estado da Bahia. As rochas de coral só se acham expostas na occasião da maré baixa.

IV. — Uma mudança constante d'agua, pela necessidade de cal e oxygeneo.

Fórmas de recifes de coral. — Embora as varias fórmas de recifes de coral confundam-se, ellas são commummente divididas em tres fórmas: em franja, de barreira e circular.

Recifes em franja são aquelles que prendem-se á terra por um lado emquanto o outro lado cresce mar a fóra.

Os recifes de barreira formam barreiras entre a terra e o mar, isto é, existe agua entre a terra e o recife. Os recifes de coral do Brasil

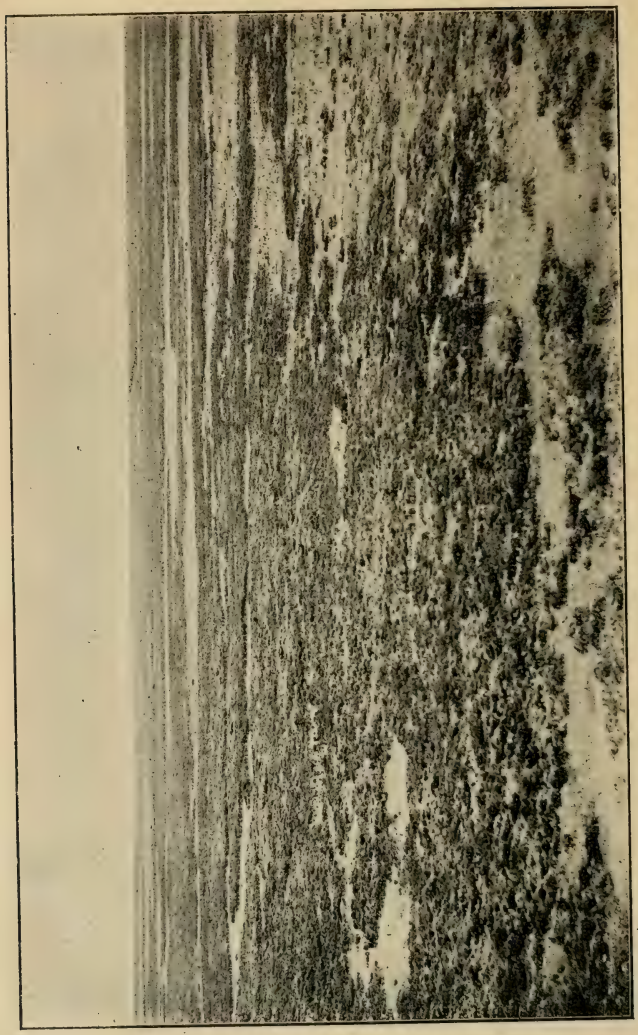


Fig. 56. — Recife da Lixa, costa sul da Bahia. (De uma photographia tirada com a maré baixa.)

são de ambas as naturezas: isto é, alguns delles prendem-se á terra emquanto outros ficam a alguma distancia da praia com portos por detraz delles.

Alguns dos maiores recifes, contudo, são manchas irregulares nos mares razos e parecem não ter relações definidas com as costas circumvizinhas. Assim é o grande recife da Lixa ao largo da costa sul da Bahia nas vizinhanças de Caravellas (figs. 55 e 56).

As figuras juntas mostram em secções as relações dos recifes de

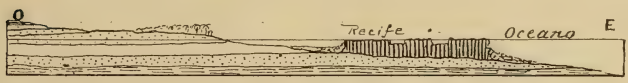


Fig. 57. — Secção mostrando as relações com a terra do recife de coral de Caravellas, estado da Bahia.

coral brasileiros com a terra em dois lugares typicos — Caravellas e Maceió. Em suas feições geraes aquelles recifes são portanto muito semelhantes. Em muitos lugares ao norte de Maceió os recifes de coral ligam-se á terra, isto é, elles são recifes em franja. Na maior parte, contudo, elles podem ser considerados como recifes de barreira ficando em alguns casos bastante distantes da praia.

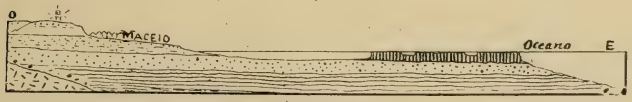


Fig. 58. — Secção mostrando as relações com a terra do recife de coral de Maceió, estado das Alagôas.

Os recifes circulares ou *atolls* são só approximadamente circulares em fórma. Elles muitas vezes circundam uma massa d'agua; porém essas bahias ou lagunas algumas vezes enchem-se de lodo e toda a area fica transformada em uma unica ilha.

Dimensões dos recifes de coral. — Em tamanho os recifes de coral variam enormemente entre pontos de coral de poucos decimetros de diametro até areas de centenas de kilometros quadrados. O grande

recife de coral de Australia, o maior do mundo, tem o comprimento de dois mil kilometros, e a largura de quinze a 145 kilometros.

Os recifes de coral do Brasil, embora não muito grandes, são bastante importantes para a formação de portos e a protecção que offerecem á costa contra a acção das vagas. As portas de Maceió e de Tamandaré são feitas por recifes de coral.

Theorias da formação de recifes de coral. — A maior area de recifes de coral do mundo é actualmente a da parte tropical do Oceano Pacifico desde cerca de 128° oéste até á costa oriental da Africa. Os recifes daquella região, mais especialmente aquelles entre 128° oéste e 130° leste, foram os primeiros que despertaram a attenção dos geologos pelos estudos de Darwin, naturalista inglez, e depois pelos trabalhos de Dana, geologo norte-americano.

Theoria de subsidencia. — Darwin, depois de seus estudos, propoz a theoria de subsidencia para explicação das fórmas peculiares e caracteristicas dos recifes de coral. De accordo com esta theoria a maioria dos recifes de coral originaram-se como recifes em franja nas ilhas da costa, e pela depressão lenta da região e pelo crescimento dos coraes elles tornaram-se recifes de barreira e ainda depois circulares. Este processo será entendido pela referencia ás figuras juntas na qual o n. 1 representa o primeiro estado no qual o recife apparece como um recife em franja proximo á praia de uma ilha. No n. 2 houve uma vagarosa depressão e o crescimento para cima dos coraes formou um recife de barreira; no n. 3 uma depressão maior ainda levou a ilha central abaixo do nivel do mar, emquanto o crescimento dos coraes formou o recife circular, formando uma ilha de fórma especial a que se dá o nome de « atoll ».

Esta theoria recebe seu apoio das quatro classes de factos seguintes :

1.° A intergraduação das fórmas de recife; isto é, uma graduação completa entre o recife em franja e o circular póde ser encontrada.

2.° A subsidencia effectiva de algumas ilhas de coral existentes. Citam-se exemplos nos quaes a subsidencia tem sido verificada pela

observação effectuar-se em uma marcha que não teria morto os coraes viventes.

3.° A profundidade em que as rochas de coral têm sido encontradas. As sondagens feitas em Funafuti atravessaram trezentos metros de coral. Uma tal espêssura só teria sido possivel por uma depressão lenta da região. A lentidão do movimento é essencial, porque um afundamento subito de mais de quarenta e seis metros levaria os polypos a uma profundidade na qual elles não poderiam viver, e o recife cessaria de crescer.

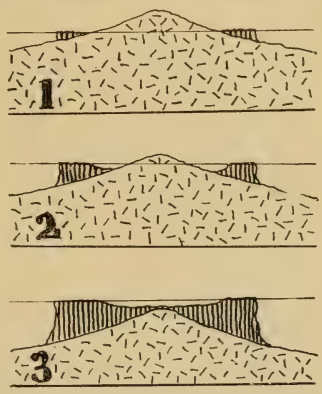


Fig. 59. — Secções mostrando a formação de recifes de coral em franja, de barreira e circular. A rocha de coral acha-se representada por linhas verticaes.

4.° A elevação de certos recifes os tem collocado a algumas centenas de metros fóra d'agua. Isto tem uma relação possivel com o assumpto em vista da inferencia apparentemente bem sustentada que as elevações e depressões são mais ou menos eguaes sobre a superficie da terra.

Theoria de picos submarinhos. — A outra theoria que desperta a attenção é a *theoria de Murray dos picos submarinhos.* O fundo do oceano é desigual, e em muitos lugares os picos submarinhos elevam-se muito acima do fundo do mar nos arredores. A theoria de Murray é, que quando um desses picos alcança a superficie, ou a distancia conveniente da superficie do mar, elle é apossado pelos polypos de coral e os recifes começam a crescer ali. Quando a profundidade sobre um pico tal é muito grande suppõe-se que as accumulações dos restos organicos submarinhos elevam-no eventualmente até elle chegar ao alcance dos coraes que então tomam posse delle.

Não parece inverosimil que ambas essas theorias — a theoria da

subsidencia, e a theoria dos picos submarinhos — possam ser correctas.

Isto é, os recifes podem formar-se de uma e de outra maneira. No Brasil os recifes assentam sobre as rochas da costa, ou sobre os fundos baixos, e crescem até chegarem á flor d'agua onde deixam de crescer por necessidade. Nas margens porém os recifes vão crescendo, especialmente no lado do mar. Sem duvida si a costa fosse elevada os recifes ficariam expostos ao ar e deixariam de crescer. Si a costa fosse abaixada cincoenta metros os menos os coraes cresceriam até chegar á flor d'agua. Mas, como está explicado mais adiante, a costa do Brasil tem tido uma historia complicada com muitas elevações e muitas depressões.

A marcha do crescimento. — A marcha do crescimento dos recifes de coral pode ser determinada por observação directa, a despeito do facto que esta marcha é necessariamente muito lenta. Em muitos lugares ao longo da costa do Brasil onde existem recifes de coral os pescadores constroem curraes para apanhar peixes. Os polypos de coral têm frequentemente se prendido aos postes enterrados no fundo do mar razo para aguentar aquelles curraes. Quando a data do assentamento dos postes é conhecida pode-se obter uma idéa approximada da marcha do crescimento dos coraes que estão presos a elles.

Em diversos casos a marcha do crescimento tem sido medida. As avaliações da marcha do crescimento do coral varia entre tres e seis decimetros por seculo. Tomando a marcha mais alta estimamos o tempo necessario para a construcção do grande recife australiano até á espessura penetrada — trezentos metros — em cincoenta mil annos; ou se tomarmos a marcha mais baixa, seria necessario cem mil annos.

Conclusões a respeito dos recifes de coral do Brasil. — Recifes de coral extendem-se ao longo da costa do Brasil desde as ilhas dos Abrolhos na latitude 18° sul, quasi até a fóz do Amazonas. Estes recifes porém não são continuos mas são mais ou menos interrompidos por muitos e grandes intervallos.

Os unicos muito afastados da terra são os recifes das Rocas, latitude sul 3° 51', longitude 33° 48', e 225 kilometros do continente.

Geralmente os recifes da costa são estreitos, tendo a largura de dez a cincoenta metros. Os mais largos são os recifes de barreira e destes alguns têm a largura de trinta kilometros.

Os recifes em franja ou das praias têm pouca profundidade e geralmente não excedem dez metros de espessura; os mais afastados são mais profundos, mas os recifes dos Abrolhos, que talvez sejam os mais profundos do Brasil, não passam a profundidade de quarenta metros.

Muitos dos recifes do Brasil quer recifes de barreira quer em franja já são mortos por ter chegado á flor d'agua.

A rocha calcarea dos recifes brasileiros já está se mudando para dolomia pela substituição pelo calcareo original de magnesia tirada d'agua salgada.

Os recifes de coral do Brasil protegem a costa em muitas lugares contra a acção mechanica das ondas, e alguns dos portos pequenos da costa, como por exemplo Tamandaré e Maceió, são formados pelos recifes de coral.

A lista completa dos coraes conhecidos do Brasil inclue umas trinta especies que são relacionadas (1) com os coraes das Antilhas.

Os recifes de coral dão-nos as seguintes importantes lições geologicas:

I. — Os calcareos derivados de coral são formados pelo crescimento de animaes, auxiliados pela acção das vagas e pela consolidação subsequente dos materiaes calcareos fragmentarios que accumulam-se nas poças da superficie dos recifes.

II. — Os calcareos derivados de coral são de origem marinha e foram formados em aguas tepidas e razas.

III. — Estas camadas podem attingir e effectivamente attingem grandes espessuras pela subsidencia do fundo do mar e pelo crescimento ascendente dos coraes.

IV. — Calcareos derivados de coral, ainda que sejam da idade paleozoica, foram formados sob as mesmas condições, e quando se

---

(1) J. C. Branner. *The stone reefs of Brazil... with a chapter on the coral reefs. Bul. Mus. Comp. Zoology.* XLIV. Cambridge, 1904.

acham em regiões afastadas das tropicaes, indicam as condições da agua, temperatura, e profundidade em que foram formados.

SERPULAS

Além dos coraes que vivem presos ás rochas ou aos recifes por elles mesmos formados, certas serpulas ou vermes marinhos secretam conchas calcareas duras e vivem presas ás rochas abaixo da superficie do mar. Os depositos de conchas ou cascas das serpulas têm frequentemente espessura consideravel, porém não formam camadas tão extensas como as dos coraes. Ellas são frequentemente encontradas enchendo as poças nos recifes e contribuindo muito material calcareo ás rochas do recife. Em alguns lugares na costa do Brasil, notadamente na costa de Alagôas, as serpulas formam pequenas ilhas que assemelham-se a chapéos pretos gigantescos na superficie do mar por occasião da maré baixa (1).

ANIMAES MARINHOS MICROSCOPICOS

Depois dos coraes pela sua importancia como construidores de depositos calcareos estão os *foraminiferos*. Estes são organismos microscopicos tendo esqueletos calcareos e vivem no mar proximo á superficie. Quando morrem, seus esqueletos vão ao fundo onde accumulam-se formando vasa (*ooze* dos navegantes inglezes). Estes esqueletos são encontrados até á profundidade de quatro mil e duzentos metros; porém é interessante notar-se que não apparecem em profundidade maior. A razão é que quando os foraminiferos afundam em aguas mais profundas, a pressão é tão grande que os esqueletos dissolvem-se na agua. Tem sido suggerido que a solução dos foraminiferos em grandes profundidades era devida não á pressão, porém ao lapso de tempo requerido para que tão pequenas conchas se afundem tanto. Si isto fosse a razão poderiamos esperar observar estarem dissolvidos tambem aquelles esqueletos que têm permanecido por muito tempo em aguas razas. Entretanto isto não acontece.

---

(1) Agassiz. *Bul. Mus. Comp. Zoology*, XXVI, pgs. 253-272.

Os foraminiferos formam extensas camadas calcareas no fundo do mar. O giz ou greda origina-se deste modo como um deposito marinho. Muitas das rochas calcareas do estado de Sergipe contem grandes quantidades de esqueletos de foraminiferos mostrando que os lugares onde aquellas rochas são agora encontradas estiveram outr'ora no fundo do oceano.

OUTROS ANIMAES QUE TÊM ESQUELETOS CALCAREOS

Sob este titulo vêm muitas especies differentes de animaes, incluindo os molluscos, radiados, crustaceos e vertebrados e todos os

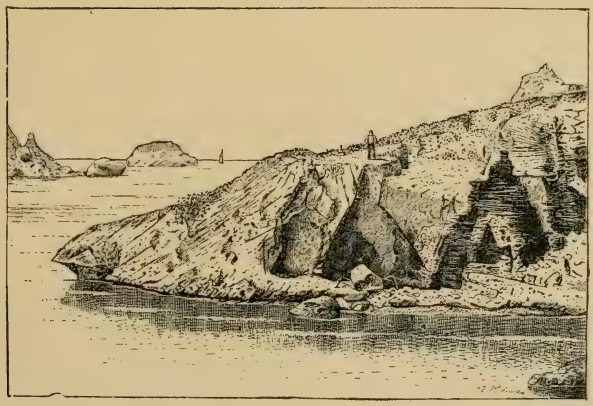


Fig. 60. — Calcareo eolio composto de fragmentos de conchas e plantas, Bahia de Suéste, Fernando de Noronha.

outros animaes que secretam cal, afóra os coraes e os foraminiferos já considerados. As condições ao redor dos recifes de coral são usualmente favoraveis para muitas naturezas de vida além das dos polypos que os formam. Como resultado sempre achamos muitas especies de animaes marinhos vivendo sobre os recifes e nas suas proximidades, e quando esses animaes morrem os restos das suas partes duras accumulam-se no fundo d'agua e auxiliam o processo da formação do recife e afinal

das rochas calcareas. Em alguns lugares, contudo, mesmo onde não existem recifes, certos molluscos são tão abundantes que as praias são formadas quasi inteiramente de suas conchas quebradas. Na costa da Florida existe uma accumulação de taes conchas que solidificou-se a tal ponto que o material póde ser usado para a construcção de muros e casas.

Os crinoides, ou lirios do mar (animaes marinhos radiados) antigamente cresciam em taes quantidades que quando morriam suas hastes quebradas em pequenos pedaços formavam accumulações de enorme extensão nos mares razos. Os crinoides vivem agora nos recifes de coral do Brasil, porém elles não são agora tão abundantes como eram durante a formação das rochas chamadas « calcareos de encrinites » da idade carbonifera.

No lado suéste da ilha de Fernando de Noronha existem camadas de calcareo composto de fragmentos de muitas especies de animaes e plantas marinhas. A rocha foi originalmente areia eolia calcarea, porém está agora endurecida.

DEPOSITOS SILICOSOS FORMADOS POR ANIMAES

Embora as esponjas sejam molles, algumas dellas secretam pequenas particulas microscopicas de silica chamadas spiculos. Essas particulas de silica têm-se accumulado tanto em muitos lugares no fundo do mar que formam depositos de consideravel importancia geologica. E' geralmente acceito que as pederneiras são quasi inteiramente feitas destas accumulações dos spiculos de esponjas. Existem pederneiras negras em muitos lugares no estado de Sergipe no Brasil que suppõe-se terem-se originado desta maneira. E' possivel comtudo que essas camadas de pederneiras, ou partes dellas pelo menos, fossem formadas pela accumulação dos esqueletos silicosos das diatomaceas (algas) antes do que dos spiculos de esponjas. As pederneiras são tambem communs em partes dos estados de S. Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul.

DEPOSITOS PHOSPHATICOS (1)

Os excrementos dos passaros e de outros animaes algumas vezes accumulam-se em quantidades taes que formam depositos de importancia geologica. De tal origem são os depositos phosphaticos na ilha Rapta em Fernando de Noronha e os celebres depositos de guano na costa do Perú. Em muitas outras partes do mundo existem depositos phosphaticos que podem-se ter originado de modo semelhante.

São mais abundantes em regiões aridas onde não ha muita chuva.

Em geral os organismos marinhos são mais abundantes nas aguas razas perto das costas, especialmente nas regiões tropicaes. Nas regiões polares a fauna é mais abundante á profundidade de noventa a duzentos e setecentos metros.

Resumo.

Temos agora tratado resumidamente de todos os differentes processos pelos quaes os materiaes que formam rochas são accumulados. Verificou-se que todas as rochas originaram-se em uma das quatro maneiras differentes.

1. *Sedimentos mecanicos* depositados pela agua ou pelo vento.
2. *Depositos chimicos* provenientes de solução.
3. *Rochas igneas* resfriadas de um estado de fusão.
4. *Rochas organicas* feitas por plantas ou animaes.

Todos èsses materiaes são sujeitos a varias mudanças depois de terem sido depositados. Esta parte do assumpto será tratada sob o titulo de geologia estructural.

---

(1) J. Murray. *Nature*, 1897, LV. 500-501.

O homem como agente geologico (1).

Embora o homem não tenha contribuido directamente com cousa alguma de importancia para os depositos geologicos, elle veio a ser um agente modificador importante que com o correr do tempo deve profundamente affectar a superficie da terra. A razão principal pela qual o homem tem até agora tão pouco feito geologicamente é que elle está sobre a terra um tempo muito pequeno comparado com o tempo durante o qual as plantas e outros organismos que formam rochas têm permanecido n'ella. Até aqui a influencia do homem tem effectuado mudanças nas plantas e florestas, tambem nos animaes e na propria terra.

A INFLUENCIA DO HOMEM SOBRE AS PLANTAS

Plantando. — As plantas que agora são cultivadas foram outr'ora selvagens. As consideradas uteis foram dos seus lugares originaes distribuidas propositadamente sobre todas as partes da terra onde as condições do clima favorecem sua cultura. Taes plantas, como o trigo, o centeio, a aveia, o arroz, o milho, os feijões e as batatas fornecem a grande massa do alimento da raça humana. Outras medram sómente em regiões tropicaes; taes como cocos, tamaras, bananas, laranjas, café, cacau e canna de assucar. Até mesmo arvores florestaes são agora mudadas de um continente para outro. O *Eucalyptus*, por exemplo, cujo lugar nativo é a Australia acha-se agora plantado na America do Sul e nas partes mais quentes da America do Norte. Em alguma partes da Suissa são plantadas florestas para evitar os desmoronamentos. Na costa occidental da França florestas extensivas de pinheiros têm sido plantadas por causa da resina que elles produzem e para impedir o movimento das areias das dunas.

Destruição. — Em alguns lugares as florestas têm sido destruidas pelo homem na exploração de alguma industria como seja a fabricação do carvão, a extracção das cascas para cortume e o córte de

(1) G. P. Marsh. *The earth as modified by human action.* New-York, 1885.

madeira e lenha, e a extracção da borracha. Tem havido tambem muita destruição de florestas causadas pelo fogo acceso por homem.

A remoção das florestas augmenta a acção erosiva dos cursos d'agua, e encobre o solo á acção do sol.

Ao longo da costa brasileira em muitos lugares os mangues têm sido cortados para lenha e isto tem demorado o aterro dos estuarios que proseguem mais rapidamente com o auxilio dos mangues.

Em geral porém as mattas derrubadas restabelecem-se rapidamente nas regiões tropicaes.

A INFLUENCIA DO HOMEM NA VIDA ANIMAL

O homem tem tratado e domesticado certos animaes que podem servil-o; emquanto outros têm sido exterminados. Cavallos, carneiros, vaccas, porcos, gallinhas, abelhas, patos, gansos, etc., têm sido levados pelo homem de suas moradas originaes para todas as partes da terra. Mesmo raças de homens têm sido escravisadas e espalhadas sobre a terra. Os africanos foram desta maneira levados como escravos para a Europa e para as duas Americas onde elles têm-se misturado com as raças aborigenes, americanas e européas.

Além destas distribuições propositaes muitos animaes foram transportados casualmente pelo homem. Das setenta e tres especies dos principaes insectos nocivos encontrados nos Estados Unidos da America do Norte, trinta e seis foram introduzidos accidentalmente pelo homem.

Certos animaes bravios uteis têm sido involuntariamente quasi exterminados pelo homem: taes são os castores, os bufalos e as phocas.

Em alguns casos a destruição dos animaes tem sido sómente feita pelo gosto de destruir como no caso dos passaros das ilhas de guano e dos buffalos na America do Norte.

A INFLUENCIA DO HOMEM NA TERRA

E' sob sua influencia na terra e nas costas do mar que o homem parece prometter sua influencia geologica mais importante.

Reclamações de terrenos. — Na Hollanda grandes diques

artificiaes foram construidos, os quaes fecham o mar e fazem terras araveis daquillo que de outra sorte seria o fundo razo do mar. Em muitos casos, alagados e pantanos extensos têm sido drenados e submettidos á cultura. Em algumas partes da Suissa os canaes dos cursos d'agua têm sido rectificados e forrados de pedras, assim reduzindo muito as escavações feitas por aquellas correntes e augmentando ao mesmo passo o terreno aproveitavel. O rio Pó na Italia tem suas margens levantadas para evitar as inundações, de modo que os lodos que antigamente eram espalhados pelas varzeas ao nivel do rio são agora lançados no mar Adriatico e o delta está augmentado em uma marcha crescente. Diques semelhantes são construidos ao longo da parte inferior do rio Mississippi com um effeito semelhante sobre seu delta. Em alguns lugares onde os rios sinuosos atacam e escavam suas margens ellas são protegidas por meios artificiaes.

As aguas do rio Niagara estão sendo agora utilisadas até um certo ponto para fornecerem electricidade e para mover machinismos. Um tal uso d'um curso d'agua reduz a marcha do córte por elle effectuado. Nas regiões onde se encontram alluviões auriferos ou diamantes os cursos d'agua são desviados de seus leitos naturaes e empregados para desbastar os terrenos auriferos ou diamantiferos emquanto os valles abaixo são muitas vezes obstruidos com a lama arrastada neste processo. Em algumas partes do estado da California as lamas das minas de ouro têm completamente aterrado muitas fazendas a uma profundidade variando de um a seis metros.

As dragagens que se effectuam e os quebra-marés que se constroem nos portos interferem com a operação natural das marés, ondas e correntes.

Os despejos das cidades que são muitas vezes lançados nos mares proximos eventualmente formam depositos caracteristicos emquanto as cidades e outros trabalhos humanos são de vez em quando enterrados e conservados nas rochas como, por exemplo, os monumentos do Egypto cobertos pelas areias sopradas do deserto; ou como Herculano e Pompéa enterradas e conservadas debaixo das cinzas e lavas do Vesuvio.

PARTE SEGUNDA

Geologia estructural.

Qualidades, estructuras e modificações das rochas.

Na primeira parte desta obra mostrou-se como e por intermedio de que agentes as rochas se originaram. As rochas, porém, estão sujeitas a certos rearranjamentos de seus elementos constituintes bem como a mudanças ou accidentes que serão considerados sob o titulo de geologia estructural.

Em referencia á sua origem, todas as rochas podem ser classificadas do modo seguinte :

1.° Sedimentarias, acamadas ou estratificadas.

2.° Igneas, massiças ou não estratificadas.

3.° Depositos filonarios.

Serão consideradas na ordem supra.

Rochas sedimentarias ou estratificadas.

Póde-se formar uma idéa da importancia das rochas sedimentarias ou estratificadas se lembrarmo-nos que ellas cobrem nove decimas partes da terra firme e todo ou quasi todo do fundo do mar. As suas

camadas podem ter a espessura de muitos kilometros, calculando-se na média cerca de trinta e dois kilometros.

As rochas sedimentarias podem ser duras ou molles.

Não se podendo traçar uma linha de separação entre materiaes consolidados e não consolidados, por haver transição de um estado a outro, os molles ou incoherentes são tambem considerados rochas, como os duros (ou pedras) o são. A seguinte tabella indica a origem, caracter e nome de todas as rochas estratificadas, sejam ou não ellas consolidadas.

	Origem	Caracter	Nome quando não consolidadas	Nome quando consolidadas
Rochas estratificadas	Depositos em agua raza	Arenosos	Cascalhão	Agglomerado. Brecha (Vede figura (61).
			Cascalho	Conglomerado ou pudim.
			Areia	Arenito (1) quartzito.
	Depositos em agua funda. 180 metros e mais.	Argillosos ou barrosos	Argilla	Folhelho (2) piçarra, ardosia.
		Calcareos (esqueletosos)	Vasa (calcarea)	Giz, calcareo, marmore.
		Tufaceos	Cinza	Tufo.
		Siliciosos (esqueletosos)	Vasa (silicio-sa)	Folhelho diatomaceo, pederneira, jaspe.
	Depositos terrestres	Carbonaceos	Turfa	Lignito, carvão.
		Arenosos	Areia	Arenito eolico.
		Argillosos	Argilla	Loess.
		Tufaceos	Cinza	Tufo (vulcanico).

(1) Na primeira edição desta obra Dr. Barreto propoz o termo *arenito* para o equivalente do inglez *sandstone* e o francez *grez*, derivando-o do latim *arena* com a terminação grega *ite*. Exprime exactamente a « pedra de areia » do portuguez. Este vocabulo já tinha sido empregado pelo Professor A. J. Gonçalves Guimarães, p. 130, de seus Elementos de Geologia, Coimbra, 1895. Tendo sido assim proposto por dois geologos independentemente, é claro que é um termo bem escolhido.

(2) O termo « folhelho » foi proposto por Dr. Barreto na primeira edição. Exprime bem o caracteristico essencial da rocha (folhada, cousa de muitas folhas) e deixa o termo « schisto » para ser empregado no sentido restricto em que está geralmente empregado pelos geologos estrangeiros. Piçarra é o antigo nome portuguez muito usado no Brazil. Guimarães, p: 116.

Das rochas sedimentarias, as argillas e os folhelhos formam oitenta por cento, os arenitos formam onze por cento e as pedras calcareas nove por cento (1). Esta regra porém só se refere ao mundo inteiro, e não á qualquer região limitada.

Laminação ou estratificação.

A forma assumida por qualquer deposito deve necessariamente depender em grande parte do modo da sua formação. As rochas estra-

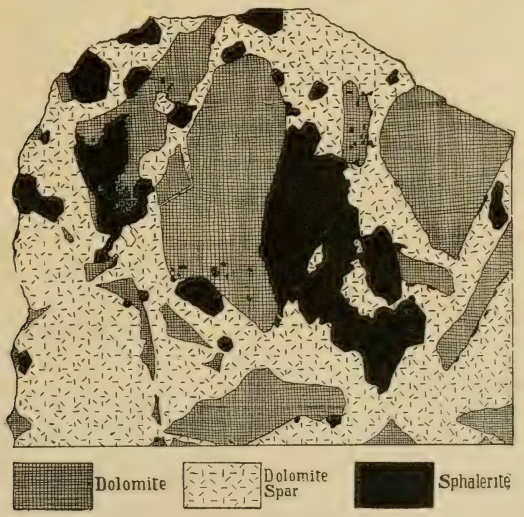


Fig. 61. — Breccia de dolomite e sphalerite cimentada com spatho dolomitico. Tamanho natural.

tificadas são assim chamadas porque são depositadas em camadas ou leitos estratificados. Um unico leito ou camada chama-se um *estrato*. Quando o estrato é muito delgado, é ás vezes chamado *lamella*. Os

(1) W.-J. Mead. *Journal of Geology*, XV, 238-256, 1907.

termos leito, camada, estrato e lamella são, porém, empregados de uma maneira pouco restricta.

As camadas ou leitos formados pelos materiaes depositados mechanicamente são ás vezes achatados e de espessura uniforme, outras vezes são *lenticulares*.

Dá-se o nome de *estratificação falsa* ás lamellas curtas e bastante

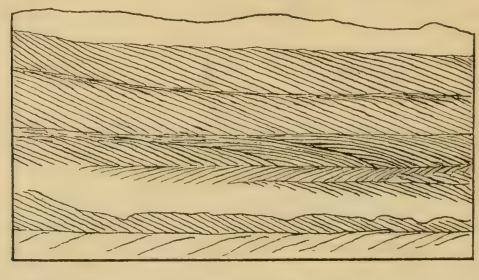


Fig. 62. — Secção mostrando estratificação falsa.
De uma photographia. Metade do tamanho natural.

inclinadas formadas por correntes que transportam e accumulam materiaes na extremidade de uma camada em crescimento. Esta estra-

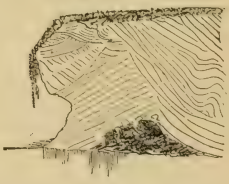


Fig. 63 e 64. — Estratificação falsa no arenito da Ilha Raza, Fernando de Noronha.

tificação falsa é mais ou menos caractaristica de quasi todos os sedimentos graúdos depositados pela agua. A areia carregada pelo vento e depositada em dunas toma um arranjo interno semelhante.

Conformidade. — Quando os materiaes que formam as rochas são depositados em camadas successivas parallelas diz-se que são

conformaveis. Se as camadas primeiramente depositadas foram desnudadas, e então camadas posteriores depositadas sobre a superficie erodida, diz-se que as duas series são discordantes ou *inconformaveis*. A inconformabilidade póde apparecer quando as camadas inferiores formam um angulo com as superiores ou jazem parallelas a ellas. Estas duas condições são illustradas nas figuras 65, 66 e 67. É de notar que a discordancia ou inconformabilidade pode existir entre uma camada nova

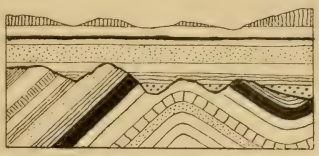


Fig. 65. — Descordancia ou inconformabilidade entre as camadas dobradas de baixo e as horizontaes de cima.

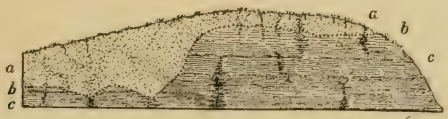


Fig. 66. — Descordancia ou inconformabilidade segundo a linha *b. b.* As camadas *c* depois de depositadas foram erodidas até a linha *b*, sendo depois as camadas *a* depositadas em cima della.

e uma camada mais antiga, porém a differença entre as duas idades pode ser pouca ou muita. Dr. Guilherme Florence notou nas explorações de rio Grande em S. Paulo, que os arenitos de Botucatú, talvez de idade jurassica, assentam discordantamente sobre os schistos crystallinos que talvez são archeanos (1). No norte do Brasil camadas terciarias jazem directamente e discordantamente sobre schistos crystallinos archeanos. Para appreciar a differença nas idades das duas formações vêde a columna geologica à pagina 286 deste.

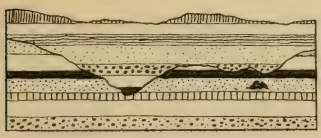


Fig. 67. — Descordancia ou inconformabilidade entre duas series de camadas horizontaes.

(1) G. Florence. *Exploração do Rio Grande*. Commissão Geographica e Geologica do estado de S. Paulo, p. 31. S. Paulo, 1913.

Accidentes durante a deposição. — No processo de deposição de sedimentos acontece ás vezes que as aguas são ligeiramente perturbadas. Em virtude desta perturbação os materiaes não são depositados com perfeita regularidade, mas são arrumados em pequenas rugas chamadas marcas ondulares (*ripple-marks*). As marcas ondulares encontram-se em aguas até á profundidade de cento e cincoenta metros (1). As perturbações são geralmente produzidas pelas ondas na superficie das aguas.

No Lago de Genebra, Suissa, as rodas dos vapores produzem vibra-

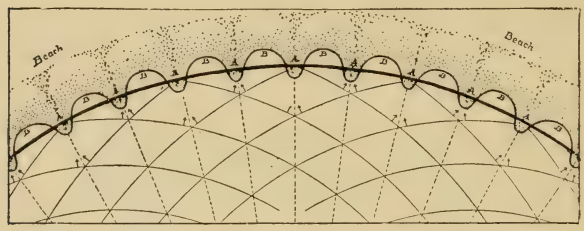


Fig. 68. — Diagramma mostrando a origem de cuspides das praias e as ondulações parallelas em mares razos.

ções na agua que deixam muito ondulada a areia sobre as partes razas do fundo do lago.

A interferencia de duas series de ondas nas aguas razas proximas á praia dispõe os materiaes soltos em rugas ou marcas ondulares gigantescas. Quando ellas terminam sobre a praia são denominadas cuspides (2).

Os cursos d'agua, ou as marés, correndo sobre areia solta tambem produzem marcas ondulares. A figura junta é reproduzida de uma photographia tirada atraz do recife de Cunhahú, na costa do Rio Grande do Norte, na maré baixa. A maré vasante correndo da esquerda para a direita deixou as rugas perpendiculares á direcção da corrente.

---

(1) A. de Lapparant. *Traité de géologie*, 4.ª ed. p. 254. Paris, 1900.

(2) J. C. Branner. *The origin of beach cusps. Journal of Geology*, vol. VIII, pags. 481-484, 1900.

Na figura 68 a linha grossa representa a linha da praia e as curvas concentricas representam duas series de ondas. As ondas se movem nas duas direcções mostradas pelas flechas, e se encontram ao longo

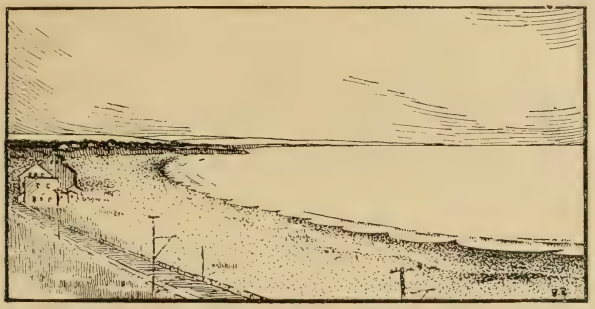


Fig. 69. — Cuspides da praia feitas de areia solta. As pontas são as extremidades que se extendem debaixo do mar em angulo recto com a costa, na praia de grandes ondulações.

das linhas pontuadas. As ondas que se movem para a direita ao encontrar a praia jogam as areias á direita, ao passo que as que se movem para a esquerda as jogam naquella direcção. Ao longo das linhas de

Fig. 70. — Marcas ondulares atraz do recife de Cunhahú, costa do Rio Grande do Norte. (De uma photographia tirada com maré baixa.)

interferencia a areia se accumula numa ruga, ou ondulação grande, sobre o fundo do mar, e sobre a praia estas rugas formam cuspides nos pontos marcados A.

Impressões da chuva são formadas por gottas de chuva cahindo

sobre lama bastante molle para ficar marcada por ellas. As taes impressões são ás vezes conservadas nas rochas pela deposição de outras camadas sobre a lama logo depois de se fazer a impressão.

Fendas do sol são produzidas em lama, quando esta fica exposta a seccar no sol. Estas fendas tambem ficam conservadas pela deposição de camadas em cima da superficie fendilhada e enchendo as fendas.

Rastos de animaes que andaram sobre materiaes molles acham-se conservados da mesma maneira. Em algumas camadas de rochas acham-se conservados em grande numero rastos de aves e outros animaes.

No oeste de S. Paulo Dr. Pacheco achou rastos de vermes nos arenitos de Botucátú (1).

Fosseis são as partes duras ou as impressões de animaes ou plantas que viveram ou que foram levados pelas aguas, nos mares, lagos ou outras massas d'agua, onde, depois de mortos, desceram para o fundo e foram enterrados nas accumulações que alli se formaram. E' evidente que os animaes que viveram no mar n'uma época dada tiveram os seus restos depositados com as outras accumulações do periodo em que viveram e não nas de um periodo anterior ou posterior. E' este facto que dá aos fosseis a sua importancia e valor no estudo da historia das rochas.

Alternação das camadas. — No exame de uma espessura consideravel de camadas sedimentarias nota-se que ha uma tendencia nas rochas de mudar de sedimentos mais graúdos para mais miudos ou vice-versa; em outras palavras, é raro haver perfeita uniformidade de material atravez de uma grande espessura de camadas sedimentarias. Esta alternação das camadas pode ser produzida:

1.° Pelas condições variaveis do supprimento dos materiaes.

2.° Por mudanças nas correntes nas quaes os materiaes foram depositados.

Persistencia dos estratos. — Ao passo que alguns estratos são de distribuição limitada, outros cobrem areas enormes. Como os

(1) J. A. Pacheco. *Geologia do valle do Rio Grande*. Commissão Geographica e Geologica de S. Paulo, p. 35. S. Paulo, 1913.

sedimentos provenientes da terra são, pela maior parte, depositados proximos á praia, a distribuição destes sedimentos é, em geral, parallela ás linhas da costa.

A deposição lenta de sedimentos.

Parece razoavel suppôr que os sedimentos de que se formaram as rochas mais antigas foram depositados em condições semelhantes ás em que hoje se accumulam sedimentos semelhantes. E' evidente que em todos os tempos os sedimentos miudos foram depositados em agua quieta e os graúdos em correntes mais rapidas. Estes factos não são, porém, por si só sufficientes para provar a marcha em que os sedimentos foram accumulados. Ha, porem, alguma prova interna mostrando que a marcha tem sido, no todo, muito lenta. A *laminação dos folhelhos* é considerada como uma prova disso.

Em muitas camadas sedimentarias encontram-se fosseis, taes como ostras e outras conchas, que apresentam tubos de serpula adherentes á superficie interna, bem como ossos de animaes vertebrados cobertos por esses tubos. E' evidente que taes fosseis devem ter ficado descobertos sobre o fundo do mar depois da morte dos animaes, durante bastante tempo para permittir ás serpulas crescerem sobre elles. A accumulação destes sedimentos deve ter sido lenta ou espasmodica.

Uma das melhores provas da accumulação lenta de certas camadas sedimentarias encontra-se na natureza e na origem dos materiaes. Os folhelhos diatomaceos e as pederneiras derivadas destes não podiam accumular-se rapidamente; porque, pela propria natureza das cousas, seria impossivel que organismos tão diminutos se ajuntassem com rapidez.

Os seixos arredondados que formam os nossos conglomerados exigem muito tempo no gastar. A grande espessura de alguns conglomerados exigiria um lapso consideravel de tempo para o simples attrito dos seixos de que são compostos gastal-os como se mostram na rocha.

Algumas das nossas grandes camadas conglomericas têm uma

distribuição tão larga que parece que a receberam em virtude de uma depressão da terra que a fez passar pela condição de praia. Mas para que uma area larga passe pelas condições de praia e para que os seixos sejam arredondados e alizados seria necessario que a depressão da terra fosse lenta : de outro modo os materiaes não seriam bem gastos, nem os depositos teriam grande espessura.

Demais a marcha da desnudação que suppre os sedimentos para formar as camadas sedimentarias determina a da sedimentação. Esta desnudação só pode proseguir numa certa marcha sem que os cursos d'agua fiquem sobrecarregados e portanto incapazes de cortar os seus canaes ou de carregar para o mar os materiaes que recebem da terra. Finalmente a marcha de deposição tem sido observada em muitos casos nas boccas dos grandes rios, taes como o Pó, o Mississippi, o Rheno e o Rhodano. Em todos os casos, mesmo quando as condições são as mais favoraveis para a deposição rapida, a marcha é lenta.

Em geral, pois, a espessura das rochas sedimentarias suggere que exigiram longos periodos de tempo para a sua deposição.

O endurecimento das rochas.

O endurecimento das rochas pode ser produzido chimica ou mechanicamente, ou por uma combinação dos dois processos.

O *endurecimento chimico* pode ser produzido (I) pela deposição de solução, nos instersticios das rochas, de algum mineral que a consolide, tal como carbonato de cal, silica, oxido de ferro, ou outro mineral : (II) por mudanças produzidas pela elevação de temperatura na presença de agua dentro da rocha.

O *endurecimento mechanico* é produzido por pressão. Os folhelhos e as ardosias, por exemplo, são argillas endurecidas mechanicamente.

O *endurecimento tem logar actualmente* em muitas rochas, havendo no Brasil excellentes exemplos deste processo. A crosta ferruginosa tão commum em muitos lugares no estado de Minas Geraes onde é conhecida pelo nome de *canga* é produzida pela oxidação dos mineraes de ferro expostos na superficie. Estes mineraes eram originalmente molles ou incoherentes, mas pela combinação com oxygenio

e agua se forma a crosta de canga sobre a superficie do chão e com a espessura de um ou mais metros, achando-se incluidos muitos fragmentos de rocha. Na vizinhança de Ouro Preto e entre os arraiaes de *Inficionado* e *Agua Quente* em Minas existe uma planicie coberta com um soalho desta canga ou mineral de ferro oxidado encerrando cascalho e outros fragmentos de rocha. Em alguns lugares a canga apresenta a espessura de dez metros, sendo devida a ella a protecção da planicie de erosão.

Na ilha de Fernando de Noronha ha dunas de areia contendo mui-

Fig. 71. — O recife de arenito em Pernambuco visto da extremidade de sul. A rocha é de areia endurecida pelo carbonato de cal.

tos fragmentos de coraes e conchas. Quando a chuva cahe sobre esta areia a agua dissolve parte do carbonato de cal na parte superior, tornando a deposital-o outra vez mais no fundo da duna e por este modo a areia se transforma em rocha dura (vêde fig. 60 na pagina 201). Por este mesmo processo foram consolidadas areias calcareas accumuladas pelo vento na ilha de Bermuda. Os recifes de arenito que na costa do Brasil, abundam desde Ceará até Santa Cruz no estado da Bahia são compostos principalmente de areia quartzosa commum endurecida pela deposição de carbonato de cal entre os seus grãos.

Estes recifes são os mais notaveis do mundo deste genero. Muitas pessoas imaginam que são de coral, mas este é um erro facil de verificar. Já no anno de 1587 Gabriel Soares de Souza escreveu que as rochas destes recifes erão de areia, e que contêm conchas e pedaços de coral ; em 1832 Olfers emittiu a mesma opinião ; em 1842

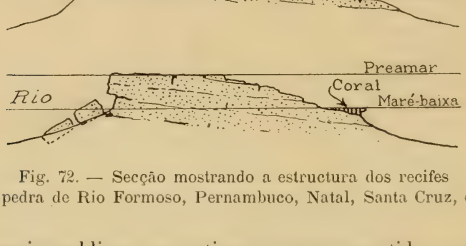


Fig. 72. — Secção mostrando a estructura dos recifes de pedra de Rio Formoso, Pernambuco, Natal, Santa Cruz, etc.

Charles Darwin publicou um artigo no mesmo sentido, e no anno de 1865 M. de Barros Barreto, num relatorio sobre o porto de Pernambuco diz, com toda a razão, que « os recifes são de pedra, formados de um grez-quartzoso e fragmentos de conchas, ligados por um cimento silico-calcareo (1) ». De vez em quando essa pedra inclue pedacinhos de coral, e estes talvez dão origem á idéa que os recifes sejam de coral, mas os fragmentos são muito poucos e vêm dos pequenos recifes de coral que margeam as costas no lado de fora dos recifes de pedra.

Collocando um pedaço desta rocha num acido bastante forte para dissolver a cal, os grãos de areia ficam soltos logo que fôr dissolvido o cimento calcareo.

O endurecimento de rochas por pressão mechanica tem sido demonstrado experimentalmente. A greda molle collocada debaixo de uma forte pressão no laboratorio e assim conservada pelo espaço de

(1) M. de Barros Barreto. Memoria sobre o melhoramento do Porto de Pernambuco, p. 3, Recife, 1865.

Vêde bibliographia deste assumpto no *Stone reefs of Brazil*, por J. C. Branner, p. 201.

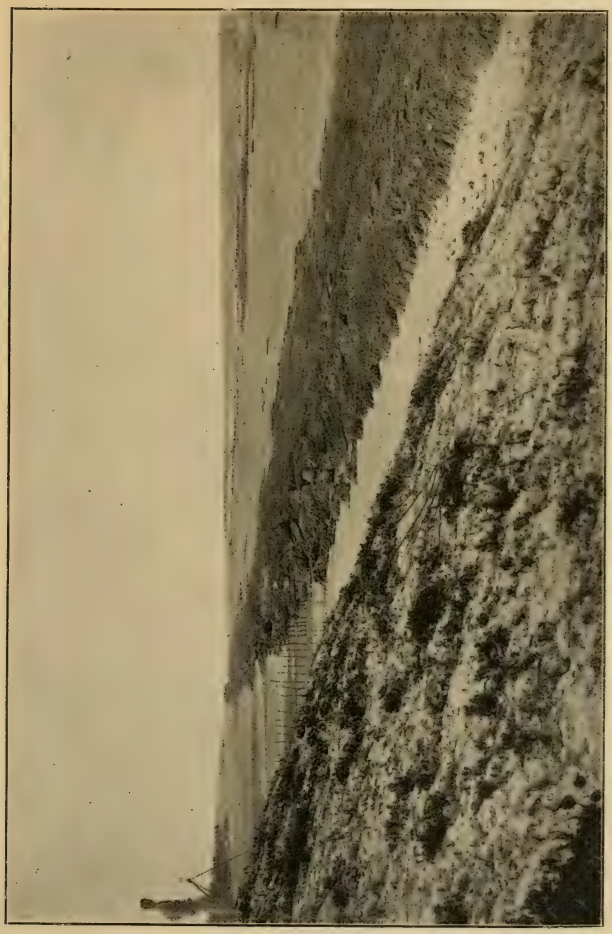


Fig. 73. — O grande recife de arenito, ou praia-barreira consolidada, ao sul do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, 1899.

tres annos foi encontrada convertida em marmore compacto quando removida (1).

É claro que estes processos de endurecimento das rochas estão agora activos.

As leis da materia justificam as seguintes conclusões com relação aos depositos sedimentarios :

I. — As rochas estratificadas devem ter sido accumuladas por meio dos mesmos agentes e debaixo das mesmas condições que as que governam a deposição de materiaes semelhantes no tempo presente.

II. — As camadas mais antigas devem ter sido depositadas em primeiro lugar e as mais novas por cima destas, e assim por diante.

III. — As rochas estratificadas foram originalmente depositadas em camadas proximamente horizontaes, e todas as modificações que têm nellas havido, quer seja consolidação, quebramento, dobramento, ou falhas, tiveram lugar subsequentemente e são de alguma maneira accidentaes.

Rochas eruptivas ou não estratificadas.

Rochas igneas ou eruptivas são as que têm estado em condição de fusão. Geralmente pouco ou nenhuma difficuldade ha em distinguir entre as rochas sedimentarias e as igneas, se bem que occasionalmente as suas feições caracteristicas não estejam bem definidas. As differenças entre os dous grupos de rochas são bem salientes comparando-as pelo modo indicado nas columnas seguintes.

---

(1) *Géologie experimentale*, par A. Daubrée, p. 132. Adams and Nicholson. Science, 1898, II, VII, 82-83.

ROCHAS SEDIMENTARIAS	ROCHAS IGNEAS
Clasticas, ou compostas de fragmentos	Crystallinas, ou compostas de crystaes.
En camadas	Massiças: (a apparencia de camadas póde ser produzida por corrimentos differentes de lava).
Contendo fosseis	Sem fosseis, salvo em inclusões e em alguns tufos.
Sem estructura fluxional	Com estructura fluxional (em parte).
Sem cavidades contendo gaz	Com cavidades contendo gaz (em parte).
Com textura variavel, conforme as correntes de agua de deposição	Com textura variavel, conforme as condições de resfriamento.

Agrupamento das rochas igneas.

- As rochas igneas podem ser grupadas.
  - Com referencia ás condições de resfriamento
    - Plutonicas. — As que resfriaram-se sob pressão em grandes profundidades. Exemplos: granito, gneiss.
    - Vulcanicas. — As que resfriaram-se na superficie ou proximo a ella. Lavas.
  - Com referencia á composição
    - Acidas. — Contem 60-75 0/0 de silica. Fundem-se com difficuldade, endurecendo formam vidro, e são de côr clara. Exemplos: granitos, gneiss, e certos schistos.
    - Basicas — Contem menos de 60 0/0 de silica. Alta percentagem dos fluxos; cal, potassa, soda, ferro, etc. São de côr escura.
      - Fundem-se facilmente. Basaltos.
      - Fusibilidade média. Andesitos.
      - Fusibilidade difficil. Trachitos.

Formas das rochas igneas.

As rochas igneas ou eruptivas podem sahir de aberturas na crosta da terra mansamente, ou podem ser lançadas por erupções violentas.

Assim as formas tomadas variam com as circumstancias. Podem assim formar:

I. — Lençóes de lava.
II. — Cones de lava com angulo de deposição de 35° á 40°.
III. — Intrusões na fórma de laccolitos.
IV. — Intrusões na fórma de diques.
V. — Depositos fragmentarios, como tufos.

Lençóes de lava. — Quando as rochas eruptivas são muito liquidas, podem se estender sobre grandes areas, abatendo e aterrando completamente a topographia com inundações. Tres dos grandes corrimentos de lava do mundo, um destes no Brasil, são mencionados na pagina 137 e na 332.

Acontece ás vezes que successivos corrimentos são empilhados um em cima de outro, de modo que vistos de certa distancia assemelham-se, em apparencia, ás rochas sedimentarias. A disposição em taes casos para formar terraços em forma de escada dá origem ao emprego do termo *trap* que vem da palavra sueca *trappa*, significando escada.

Até no mesmo lençol ou camada de lava vê-se a similhança de camadas delgadas, produzida pelo movimento da lava ainda fluida. Dr. Lisboa fez a seguinte nota sobre as lavas na cachoeira do Avanhandava, no rio Tieté: — « Tambem ahi se observa um caracter muito commum no trap : effeitos de phenomenos dynamicos que se traduzem por uma apparente stratificação. Na parte central do salto esse caracter está muito accentuado, estando a rocha dividada em finas laminas que dão ao conjuncto a absoluta semelhança de uma rocha sedimentaria de stratos horizontaes » (1).

Em algumas partes do mundo lençóes de lava de espessura uniforme têm sido espalhados sobre uma região dada, e subsequentemente a erosão tem cortado as rochas deixando o lençol encimando os morros da região de modo a formar taboleiros como o mostrado na figura junta. Um caso mais ou menos semelhante se apresenta no grande

(1) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo; Sul de Matto Grosso*, p. 6. Rio de Janeiro, 1910.

lençol de lava que cobre parte do interior dos estados de S. Paulo, Paraná, Santa Catharina, Rio Grande do Sul, e Matto Grosso, e pela diabase sobrejacente ás rochas sedimentarias das ilhas dos Abrolhos.

Fig. 74. — Typo de morros capeados por um lençol de lava.

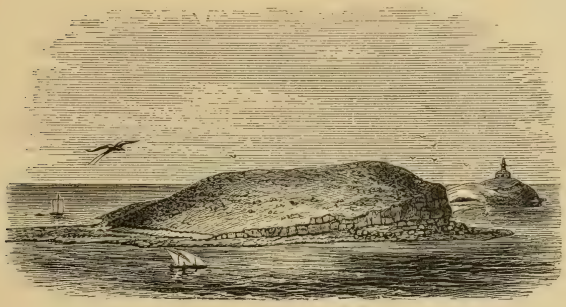


Fig. 75. — A Ilha de Santa Barbara dos Abrolhos. As camadas sedimentarias inferiores mergulham para o noroéste e são cobertas por um lençol de lava. *(Hartt.)*

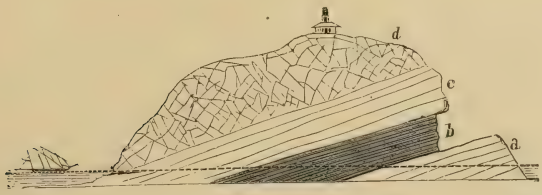


Fig. 76. — Secção atravez da Ilha de Santa Barbara dos Abrolhos mostrando a estructura geologica. A camada *b* é folhelho, *a* e *c* são arenito e *d* é um lençol de lava (diabase). *(Hartt.)*

Como ja foi dito a pagina 143 parece provavel que o lençol de lava do sul do Brasil estende-se ao Matto Grosso, Paraguay e Uruguay, formando assim um dos maiores do mundo.

Cones de lava. — Quando a lava é viscosa ou quando resfria-se rapidamente, ella não póde percorrer longo trajecto antes de endurecer formando rocha solida. Corrimentos successivos de uma lava semelhante sahindo da mesma passagem produzem a formação de um cone em redor da passagem. O angulo de inclinação de um cone semelhante deve variar necessariamente com a fluidez da lava, mas em regra geral os cones de lava apresentam angulos um tanto baixos — de 5° a 25° — conforme a fluidez.

Laccolitos. — Quando rochas eruptivas surgem atravez da crosta da terra, acontece ás vezes que atravessam as camadas inferiores, mas

Fig. 77. — Um laccolito, ou massa lenticular de rocha eruptiva injectada entre outras camadas de rocha. *(Gilbert.)*

que devido á difficuldade de achar sahida atravez das camadas superpostas, a lava corre entre os estratos e alli resfria-se sem chegar á superficie. Essas massas são chamadas laccolithos ou laccolitos (cisternas de pedra). Apparecem occasionalmente expostos em virtude da erosão das camadas que ficaram por cima delles (Fig. 77).

Diques. — Acontece frequentemente, com especialidade nas regiões vulcanicas, que as rochas eruptivas entram e resfriam-se nas fendas abertas em outras rochas. Estas massas são chamadas diques.

Tomam a fórma das fendas que enchem, sendo ás vezes tortuosas, ás vezes rectas. Variam tambem em tamanho e grossura até centenas de metros em largura. Formam-se ás vezes entre os planos de estratificação das outras rochas, porém podem tambem atravessar as camadas em qualquer angulo.

No Brasil ha muitos diques na ilha de Fernando de Noronha onde cortam outras rochas eruptivas. Na area das rochas vulcanicas ao sul do Brasil os diques são communs, e até atrevessam as camadas de carvão de pedra no Rio Grande do Sul. Em Ereré no estado do Pará os diques de diabase cortam camadas devonianas de arenito. Nas regiões de rochas crystallinas tambem ha muitos diques que atrevessam os granitos, os gneiss, e as outras rochas crystallinas. Em muitos lugares estão bem expostas nas cortes ao longo das estradas de ferro.

Tufos. — Os materiaes fragmentarios injectados pelos vulcões são de varios graus de grandeza. As cinzas mais miudas são frequen-

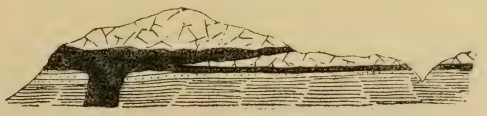


Fig. 78. — Secção mostrando um dique em baixo que forma lençóes de lava em cima. *(Geikie.)*

temente espalhadas pelos ventos sobre grandes areas, ao passo que os fragmentos mais graúdos cahem ao redor do orificio construindo um cone de cinzas tendo uma cratera, ou abertura, em fórma de copo, no cume. (Vede fig. 36 na pagina 140.)

Quando as cinzas cahem na agua, tomam as feições estructuraes de rochas sedimentarias e são consideradas como tufos depositados na agua. Os tufos assim depositados contêm ás vezes fosseis, restos de animais, que existirem nas aguas antes de cahirem as cinzas. Quando cahem sobre a terra são ás vezes carregadas pelo vento como as areias soltas das dunas.

Feições estructuraes communs nas rochas e produzidas depois da deposição.

FEIÇÕES MENORES

Juntas. — Chamam-se juntas as faces nitidamente cortadas que atravessam as rochas independentemente dos planos de estratificação. Estas juntas se apresentam em rochas de todas as naturezas quer se-

Fig. 79. — Juntas verticaes em camadas horizontaes de folhelho, margens do lago Cayuga, estado de New York.

dimentarias, quer eruptivas, e muitas vezes cortam os seixos e outros pequenos fragmentos que formam as camadas. São communs nas rochas mais duras, mas apresentam-se tambem em materiaes molles e mesmo em camadas de areia. As juntas frequentemente se apresentam em diversas series nas mesmas camadas, e estas series são sujeitas a se cruzarem em angulos mais ou menos definidos. As juntas são em algumas regiões tão importantes que influem de modo notavel sobre a topographia e sobre os cursos de agua.

A figura mostra os paredões do Logo Cayuga cujas faces lizas são devidas a juntas verticaes em camadas horizontaes do folhelho. Alguns dos tufos da vizinhança de Antonio Olyntho, no Estado de Pernam-

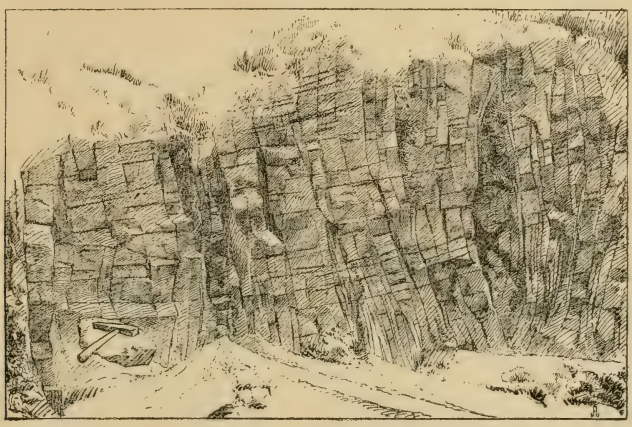


Fig. 80. — Juntas verticaes em camadas horizontaes de tufo rhyolitico perto de Antonio Olyntho, estado de Pernambuco.

buco, apresentam camadas quasi horizontaes cortadas por juntas verticaes (fig. 80).

Columnas basalticas. — Algumas rochas eruptivas, a resfriar, dividem-se em columnas hexagonaes geralmente chamadas columnas basalticas. Estas se formam perpendicularmente á superficie de resfriamento, e portanto um lençol de lava basaltica acha-se sujeita a ter as suas columnas formadas em posição vertical.

Em diversos pontos no sul do Brasil os grandes derramamentos de rochas eruptivas formam lindas columnas basalticas. Um lugar notavel é no Rio do Rasto, onde a estrada atravessa a serra no estado do Rio Grande do Sul (1).

Acontece frequentemente, porém, que estas columnas, são cur-

(1) Francisco de Paula Oliveira, p. 22.

vadas. Apresentam-se tambem, ás vezes, em posição horizontal. A figura junta mostra as columnas proximamente horizontaes que se encontram na ilha de Fernando de Noronha. Em alguns casos a horizontalidade das columnas é devida ao facto de ter resfriado o material dentro de fendas verticaes.

Pela maior parte as columnas basalticas apresentam a forma

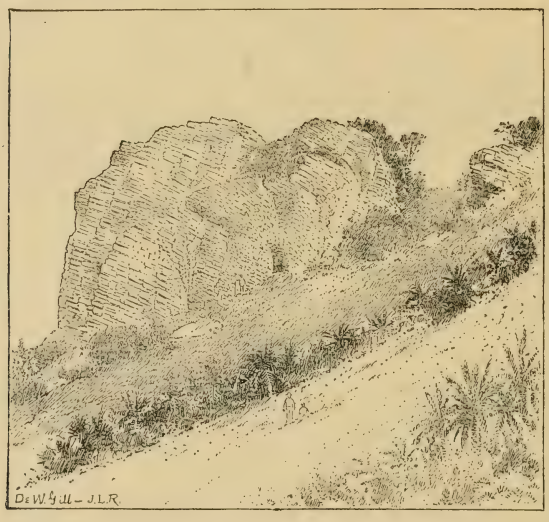


Fig. 81. — Columnas basalticas quasi horizontaes na ilha de Fernando de Noronha.

hexagonal. A razão desta forma hexagonal é a seguinte. Durante o resfriamento a contracção obriga as rochas a se racharem. Uma superficie plana só pode ser dividida em tres typos de figuras regulares : o quadrado, o triangulo equilateral e o hexagono. O allivio da contracção deve, portanto, dar logar á producção de uma dessas figuras, se as figuras forem todas semelhantes. Partindo de um ponto dado, o fendimento em quadrados exige uma separação ao longo de quatro linhas formando angulos de 90 gráus entre si (fig. 82); para produzir trian-

gulos o quebramento deve ser ao longo de seis linhas (fig. 83) formando angulos de 60°, ao passo que o rachamento em hexagonos exige o fendimento ao longo de tres linhas formando angulos de 120°

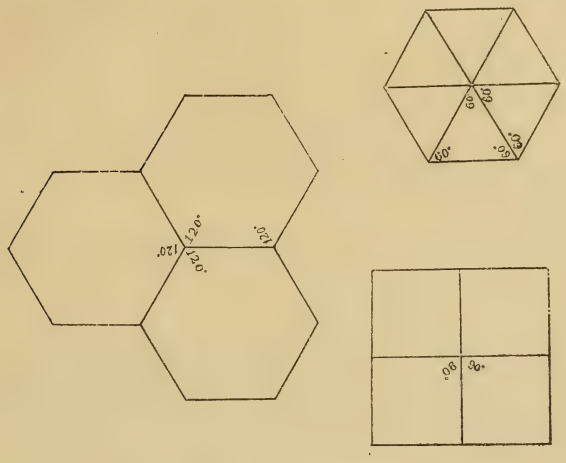


Fig. 82, 83 e 84. — Diagrammas para demostrar a origem da forma hexagonal das columnas de basalto.

(fig. 84). Para dar allivio, esta ultima é portanto a forma mais facilmente produzida em virtude da maior simplicidade do fendimento.

Theoria das juntas. — (Exceptuando-se as das columnas basalticas). Tem-se proposto quatro theorias para explicar a formação das juntas nas rochas, a não ser as das columnas basalticas, a saber: contracção, torção, terremotos e pressão.

A theoria da contracção ensina que as juntas das rochas são produzidas como as fendas que se produzem em lama no acto de seccar, isto é, pela perda de volume devida ao escapamento de agua. Pouca duvida pode haver que fendas produzidas pelo calor são occasionalmente formadas e conservadas visto que são encontradas ás vezes nas rochas duras; mas estas fendas se distinguem facilmente das juntas

ordinarias. As fendas solares não são geralmente rectas e nitidas como as juntas das rochas.

A *torção*, ou enroscamento, é capaz de produzir *series de fracturas* cruzando umas as outras. Isto tem sido demonstrado experimentalmente (1). As figuras juntas são copiadas de photographias, por Daubrée, de laminas de vidro que foram submettidas a uma torção

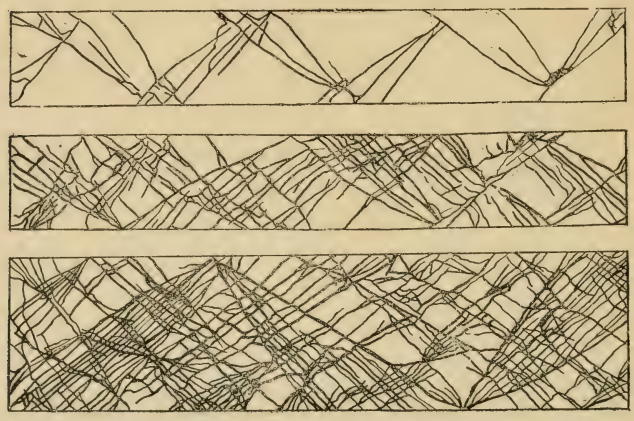


Fig. 85. — Fracturas produzidas pela torção em laminas de vidro. *(Daubrée.)*

subita. Nota-se que ha duas series de fracturas que se cruzam quasi em angulo recto e tambem que as fracturas de uma só serie são proximamente parallelas entre si.

Já se notou que os *terremotos* são tremores ou choques propagados como ondas pelas rochas da crosta da terra. Parece provavel que estas ondas possam ser bastante fortes para produzir series de fendas nas rochas, especialmente se estas estiveram sob tensão na occasião do choque.

A pressão por si só é capaz de produzir duas series de fracturas pelo menos, e é possivel que algumas das juntas das rochas resultem

(1) A. Daubrée. *Geologie experimentale*, pags. 300-314. Paris, 1879.

de empuxo lateral, ou mesmo da pressão da grande carga de camadas sobrejacentes de rochas.

Daubrée tem notado que quando se sujeita blocos de cera a esmagamento, estes quebram com angulos definidos de cerca de 45° da normal e perpendiculares entre si (1).

As provas de esmagamento sobre materiaes de construcção mostram, porém, que as diversas qualidades de rochas quebram segundo

Fig. 86. — Perfis de cubos de pedra quebrados por grande pressão. Metade da altura natural. *(Buckley.)*

planos que fazem entre si angulos que variam um tanto conforme a natureza da rocha, porém tendo ainda uma notavel semelhança. Este facto é bem illustrado na figura 86 (2). As figuras mostram os contornos de cubos de granito, calcareo e arenito, que foram esmagados em machinas feitas para provarem a resistencia de pedras de construcção.

Existe tambem uma semelhança notavel entre os angulos de fra-

(1) *Géologie expérimentale*, pags. 317-320.
(2) Buckley. *Journal of Geology*, VIII, pags. 526-567.

Fig. 87. — Juntas nas rochas graniticas do cañon do rio S. Francisco abaixo do salto de Paulo Affonso.

ctura nestes cubos esmagados e os que se encontram nas rochas em muitas localidades. Na cachoeira de Paulo Affonso, por exemplo, os paredões no cañon abaixo do salto principal (Fig. 87) apresentam juntas que se assemelham aos planos de fractura dos cubos de prova de fig. 86.

Diques de arenito. — De vez em quando acontece que as juntas das rochas recebem, ou de cima, ou debaixo, materia clastica que, depois de consolidada, forma rocha dura. Estas rochas se chamam diques de arenito ou diques clasticos. As fórmas e as dimensões destes diques dependem das fórmas e dimensões das juntas, mas geralmente não são muito grandes. Variam de uns quantos millimetros a um ou dois metros em espessura.

Parece que o material do maior numero destes diques de arenito vem debaixo, transportado por agua ou petróleo subindo para a superficie (1).

Nas rochas eruptivas da cachoeira do Avanhandava do rio Tieté, Dr. Lisboa notou veios ou diques pequenos de arenito (2).

A clivagem das rochas.

Por clivagem de rochas entende-se a sua tendencia para se rachar com maior facilidade ao longo de certas planos parallelos. Notam-se nas rochas tres especies de clivagem, a saber :

I. *Clivagem crystallina* que é peculiar ás formas mineraes crystallinas. E' bem illustrada no fendimento da mica e do gypse em placas delgadas parallelas. Esta natureza de clivagem é sempre em planos parallelos definidos, isto é, atravessa o mineral unicamente em direcções definidas. E' devida ao arranjo mollecular dos constituintes do mineral.

---

(1) J. F. Newsom. *Clastic dikes. Bulletin Geological Society of America*, XIV, 227-268. 1903.

(2) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo ; Sul de Matto Grosso*, pag. 6. Rio de Janeiro, 1910.

II. *Clivagem em lages* é o fendimento das rochas ao longo dos planos de acamamento. Estes planos são devidos ao arranjamento mechanico dos materiaes na occasião da sua deposição. E' mais ou menos saliente em todos os sedimentos, mas é especialmente bem definido nos mais miudos, taes como arenitos de grão fino e piçarras.

No estado de Sergipe existem pedreiras em rochas calcareas que formam lages. Utilizam essas lages para o calçamento das ruas na cidade de Aracajú.

III. *Clivagem ardosiaca* é devida a um rearranjamento superinduzido aos materiaes que formam a rocha, fazendo com que ellas se fendam ao longo de planos parallelos que, em regra geral, são inteiramente independentes do acamamento. E' uma particularidade da clivagem ardosiaca o vir sempre associada com camadas dobradas ou contorcidas, nunca com as camadas que não são perturbadas. Ella as atravessa em qualquer direcção : isto é, os planos de clivagem se conservam parallelos seja qual fôr o grau do dobramento das camadas.

Fig. 88. — Secção mostrando clivagem ardosiaca em linhas quasi verticaes atravessando os planos de acamamento da rocha em varios angulos.

Outra particularidade é que a clivagem ardosiaca acha-se limitada a rochas de granulação miuda, taes como os folhelhos, não se apresentando nas de sedimentos mais graúdos, taes como conglomerados e arenitos grossos.

Nota-se tambem que as particulas e mineraes constituintes das rochas que possuem clivagem ardosiaca acham-se todas arranjadas parallelamente aos planos do clivagem.

No estudo da origem e significação da clivagem ardosiaca é interessante notar o effeito das condições em que se formam certas outras substancias. O ferro em fusão por exemplo, se fôr deixado resfriar sem pressão fica granular : se fôr esticado como arame fica fibroso ; mas quando rolado os seus granulos são achatados desenvolvendo uma estructura ou clivagem escamosa. Estes factos suggerem que a com-

pressão tende a produzir no ferro uma clivagem perpendicular á direcção em que se applica a pressão. Se fragmentos delgados e achatados de uma substancia qualquer, por exemplo, lamellas de mica, forem misturados com argilla ou massa, e esta argilla fôr submettida a pressão, encontram-se depois as lamellas arranjadas perpendicularmente á direcção da pressão. Mesmo qualquer substancia homogenea, como cera, quando sujeita á pressão tende a se separar em folhas ou escamas perpendicularmente á linha de pressão.

Estes factos todos tendem a mostrar que a clivagem ardosiaca é causada por um esforço de pressão applicada em angulo recto aos planos de clivagem ardosiaca. E', naturalmente, possivel que a pressão por si só não seja sufficiente para produzir a clivagem perfeita que se nota em muitas ardosias, e que seja acompanhada tambem por um rearranjamento chimico. Que a pressão, porém, é o factor importante está provado pelos factos seguintes além dos já mencionados :

I. — As jazidas de ardosia apresentam, ás vezes, camadas delgadas e enrugadas de areia que as atravessam.

II. — As rochas em regiões de ardosia são sempre dobradas.

III. — Os fosseis que se encontram nas ardosias são sempre deformados pela pressão.

IV. — Os mineraes das ardosias apresentam os seus eixos maiores parallelos aos planos de clivagem.

Schistosidade.

A schistosidade é o fendimento de rochas em lamellas delgadas; porém, differindo neste respeito da clivagem ardosiaca, as lamellas são mais ou menos enrugadas. As rochas apresentam muitas vezes um aspecto semelhante a feltro. Suppunha-se ser a schistosidade devida á expressão ou escorregamento *(shearing)* nas rochas quando comprimidas em profundidades consideraveis abaixo da superficie. As camadas proximas á superficie, quando sujeitas á pressão lateral, são dobradas; ao passo que as mais profundas e sob maior pressão se tornam schistosas. Tambem é produzida por crystalização. Schistosidade é muito commum nas rochas crystallinas do Brasil.

Concreções.

Concreções são geralmente massas arredondadas ou lenticulares desde o diametro de um millimetro até metro ou mais, cuja dureza differe da das rochas em que estão engastadas, e geralmente tambem differem um tanto em outros caracteres. Algumas concreções são tão arredondadas e lisas que se assemelham a seixos gastos pelas aguas; porém differem destes em não serem perfeitamente lisas na superficie externa. As concreções são produzidas pela precipitação de solução de certas substancias cimentantes dentro de um espaço limitado. A tendencia de certos mineraes de segregar quando crystalizam faz com que se reunam nas formas peculiares que então assumem.

As concreções podem-se apresentar em rochas igneas ou sedimentarias. Podem ser contemporaneas com as camadas encaixantes, isto é, podem (I) ter-se originado e ter sido depositadas como concreções; (II) ou podem ter sido formadas subsequentemente.

Em certas fontes thermaes as aguas precipitam carbonato de cal na forma de pequenas concreções ou pelotas arredondadas que logo descem para o fundo. Estas são contemporaneas com os outros materiaes formativos de rochas com os quaes são depositados.

Quando as concreções se formam depois da formação das camadas em que se apresentam são produzidas pela precipitação de algum mineral cimentante de soluções dentro das proprias camadas. Neste ultimo caso os planos de acamamento das rochas podem passar atravez das concreções, ou antes o endurecimento das concreções não se acha limitado a uma unica camada. As concreções que se formam em arenito são frequentemente endurecidas por carbonato de cal; ao passo que as formadas em calcareos são geralmente endurecidas por silica. Ha uma tendencia geral de se formarem concreções em redor de ossos ou fragmentos de conchas, ou alguma outra substancia organica, como ponto de partida.

Na formação glacial conhecida pelo nome de *loess* a cal frequentemente forma nodulos fantasticos conhecidos pelo nome de *loess-puppets* (bonecos de loess), como os representados na fig. 89.

Ha uma disposição entre as concreções para formarem-se ao longo

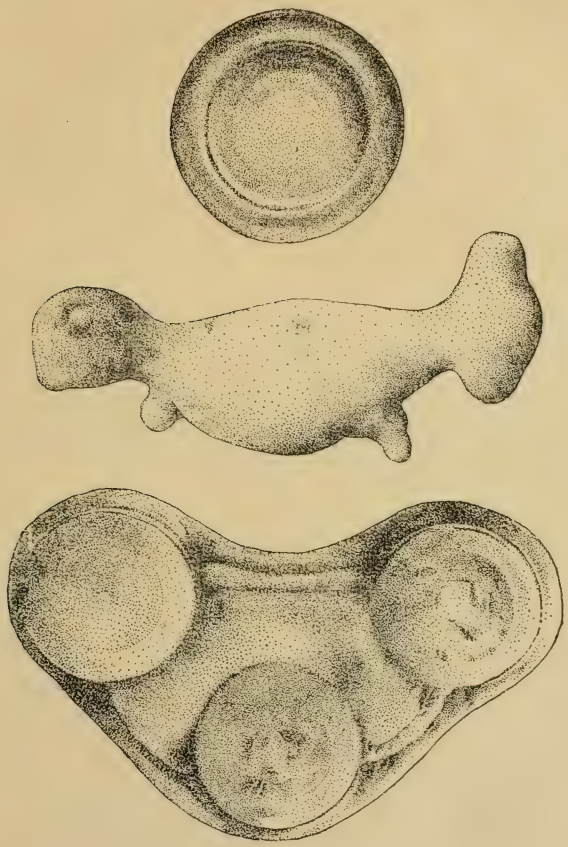


Fig. 89. — Concreções nas argillas pleistocenicas do Valle de Connecticut, Americo do Norte. Tamanho natural.

de certas camadas de preferencia a outras, e em taes casos, se as camadas forem delgadas, as concreções são mais ou menos achatadas.

Quando as concreções são ocas, são frequentemente forradas com calcedonia ou com bellos crystaes de quartzo, ou calcite, e são então chamadas *geodes*. Em certas formações geologicas estas geodes são muito abundantes e variam em tamanho desde o diametro de poucos millimetros até meio metro. As bellas agathas que se encontram nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catharina, Paraná e São Paulo são, frequentemente, geodes ocas. Estas agathas foram formadas pela deposição de calcedonia em cavidades nas rochas eruptivas. Subsequentemente foram livradas da massa da rocha encaixante pela decomposição desta.

Nas rochas eruptivas ao longo do rio Grande no oeste de S. Paulo tem-se notado muitas geodes de quartzo com a fórma de um cone tendo a base reentrante, como o fundo de uma garrafa (1).

Dr. Euzebio de Oliveira publicou um artigo sobre concreções arenosas e de fórmas cylindricas achadas no estado do Paraná. Acham-se na serra das Pedras Brancas 16 kilometros oeste da cidade de Tibagy onde são popularmente conhecidas como « palmeiras petrificadas ». O autor diz que são concreções de areia (2).

Quando as concreções são muito pequenas e occorrem em quantidade são chamadas *oolitos*, ou *rogenstein*, em virtude de sua semelhança aos ovos de peixe. Quando são do tamanho de ervilhas são chamadas *pisolitos*. Acontece ás vezes que camadas extensas de rocha são compostas em grande parte destas pequenas concreções.

Na serra da Bodoquena perto de Miranda no estado de Matto Grosso o Dr. Lisboa achou uma rocha branca, côr de leite, cimentando concreções de silica leitosa com a forma de bagos de lentilhas ou feijãosinhos. Era um pisolito (3).

As estructuras concrecionarias se apresentam ás vezes em rochas crystallinas sendo em taes casos devidas ao arranjo concentrico dos crystaes na occasião do resfriamento da rocha.

---

(1) J. A. Pacheco. *Geologia do valle do Rio Grande*. Commissão Geographica e Geologica de S. Paulo, 1914, pag. 34.

(2) *Patria e Lar*. Coritiba, 1912.

(3) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo; Sul de Matto Grosso*, pag. 42. Rio de Janeiro, 1910.

Deve-se prevenir contra o engano de tomar por concreções certas outras formas arredondadas que as rochas apresentam. A coloração concentrica, por exemplo, apresenta certa semelhança, a concreções, mas é produzida pela penetração nas rochas de aguas carregadas com substancias mineraes.

A exfoliação espheroidal produzida pela acção do tempo tambem dá fórmas arredondadas que se assemelham um tanto a concreções. O processo de exfoliação já foi explicado na pagina 33.

Fulgaritos.

Fulgarito é uma especie de tubo de fórma irregular e de diametro de cinco a dez centimetros feito na areia ou solo pela fusão de essas substancias quando cahe um raio. Geralmente um fulgarito tem o diametro maior na superficie da terra e vai diminuindo para baixo e formando ramos que desapparecem em pouca distancia. O comprimento não passa de dois metros mais ou menos.

Feições maiores.

A deslocação das rochas.

Já se mencionou as evidencias das elevações e depressões da crosta da terra á pagina 155. Mostrou-se tambem que quando a crosta da terra se levanta em alguns lugares, ella está sendo deprimida em outros. Estes movimentos produzem nas rochas de que se forma a crosta da terra *inclinação*, *dobramento* e *falhas*.

Só se póde vêr o que acontece nas rochas e quaes as mudanças estructuraes que estes movimentos da crosta produzem quando forem

accessiveis secções das rochas, quer sejam em exposições naturaes ou artificiaes.

As secções artificiaes encontram-se em córtes de estradas de ferro, minas e poços. Estas secções, porém, raras vezes penetram mais de mil metros. As minas de cobre do estado de Michigan têm a profundidade de mil quatrocentos e trinta e tres metros, e um poço fundo perto de Leipzig, na Allemanha, a de dois mil metros.

A maior profundidade alcançada na crosta da terra no Brasil é

Fig. 90. — Especimen de um syenito amarrotado. (De uma photographia : metade do tamanho natural.)

nas minas de Morro Velho no estado de Minas Geraes. Ali a mina tinha a profundidade de 1567 metros no anno 1913, isto é 737 metros abaixo do nivel do mar.

As secções naturaes são expostas nos canaes de rios e em cañons. O Grand Cañon do Rio Colorado na America do Norte tem a profundidade maxima de dois mil metros. Neste caso a secção é quasi exclusivamente atravez de camadas horizontaes de rocha.

Em regra geral, porém, as secções naturaes apresentam as maiores espessuras onde as rochas têm sido dobradas e depois erodidas de modo a expôr na superficie as rochas mais fundas. (Vede a fig. 91.)

Por isso os dobramentos, falhas, e outras feições estructuraes tornam-se de maxima importancia no estudo da geologia.

Dobramento das rochas.

E' um dos postulados da geologia que as rochas sedimentarias fôram originalmente depositadas em camadas proximamente horizontaes. Sendo isto verdade, segue-se que as dobras, inclinações e falhas

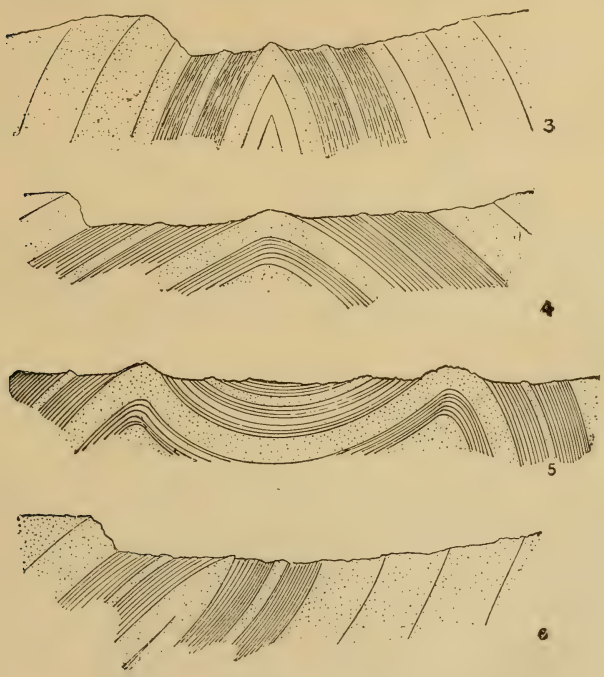


Fig. 91. — Secções de porções dobradas da crosta da terra mostrando anticlinos. N. 6 é um anticlino subvertido. N. 5 tem um synclino entre dois anticlinos.

em camadas sedimentarias fôram feitas subsequentemente á deposição das camadas. As dobras nas rochas são rugas de varios tamanhos. Podem ser largas e suaves com os seus eixos muito separados, ou po-

dem ser fortemente amarrotadas como no caso de alguns dos schistos (fig. 90).

As dobras grandes pódem ser tão fortemente comprimidas que subvertem-se completamente. As dobras pódem occorrer isoladamente ou em grupos em fórma de leques. As partes de uma dobra tem nomes distinctos. Um *afloramento* é qualquer exposição de rocha *in situ* na

Fig. 92. — Secção hypothetica mostrando a estructura synclinal entre a cidade da Bahia e Nazareth.

superficie. O *eixo* de uma dobra é um plano imaginario ao longo do qual a dobra se fórma. Estes eixos são verticaes quando as dobras são uniformes, isto é, semelhantes nos dois lados; são inclinados quando a dobra está subvertida, isto é, quando um lado tem uma inclinação, ou declive, mais forte do que o do outro.

Anticlino é o nome dado a uma dobra cujas camadas se inclinam

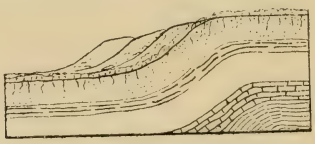


Fig. 93. — Secção mostrando a estructura de um monoclino.

a partir do eixo para ambos os lados semelhantemente ao tecto de uma casa, ou a um arco.

Synclino é o nome dado a uma dobra cujas camadas se inclinam para o eixo como os lados de um coche. Os anticlinos e os synclinos pódem ser coches estreitos ou largos. O Reconcavo da Bahia é um grande coche synclinal que se estende desde a cidade da Bahia a léste até Nazareth a oéste numa distancia de sessenta kilometros.

Um *monoclino* é o declive das camadas apenas n'uma direcção sem serem subvertidas.

Os eixos destas dobras são locados pelo exame dos afloramentos, ou exposições, das rochas e pela determinação das direcções das inclinações e a sua representação sobre o mappa da região que está sendo estudada.

Pendor ou inclinação significa o declive das camadas ou o angulo que esta faz com o horizonte. E' a direcção que uma bala tomaria

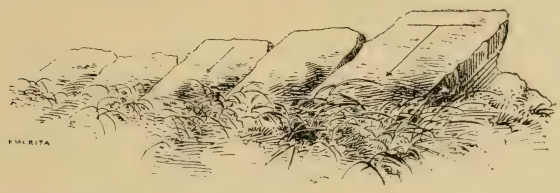


Fig. 94. — As flechas mostram a inclinação ou pendor das camadas. A linha perpendicular á inclinação é chamada o rumo ou a *orientação*.

quando posta a rolar pela superficie da camada, ou a em que a agua correria pela superficie. A inclinação é medida com o clinometro ou outro qualquer instrumento applicavel á medição de angulos verticaes. Nos trabalhos geologicos do campo as inclinações devem ser medidas e representadas sobre o mappa. Estes devem registrar tanto o angulo que as rochas fazem com o horizonte como a sua direcção com referencia ao meridiano. Por exemplo, 40° N. 20° E, significa que as camadas fazem o angulo de quarenta graus com o horizonte, e que a direcção do declive acha-se em vinte graus a léste do norte. Ao observar as inclinações das rochas deve-se prevenir contra a estratificação falsa que não mostra a direcção verdadeira dos estratos (1).

A's vezes tambem ha possibilidade de se enganar com o « arrastamento (*creep*) das margens das camadas. Este arrastamento é o cur-

(1) E' tambem necessario, ao notar sobre o mappa a direcção da inclinação, tomar em conta a deflecção da agulha magnetica. Esta deflecção varia muito em diversas localidades. Vêde *A variação secular e a distribuição da declinação magnetica no Brasil*, pelo Engenheiro Horace E. Williams. S. Paulo, 1913.

vamento para baixo das margens de camadas um tanto friaveis quando expostas no declive dos morros. N'um caso como o illustrado na figura junta, o geologo, vendo sómente as extremidades das camadas na superficie do chão, pode-se enganar tomando a inclinação das camadas como estando na direcção opposta á verdadeira.

Pode-se enganar tambem a respeito da inclinação das camadas

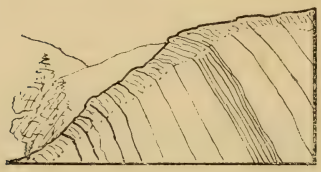


Fig. 95. — Secção mostrando a inclinação ou pendor das rochas e o arrastamento das extremidades decompostas de suas camadas.

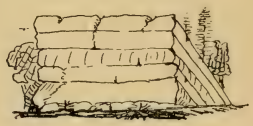


Fig. 96. — As camadas vistas de frente parecem estar horizontaes; vistas de lado tem uma inclinação ingreme.

visando-as de um certo ponto de vista. Na figura junta as camadas parecem ser horizontaes, mas visando-as da extremidade do paredão vê-se que estão fortemente inclinadas fig. 96.

Em regiões de rochas dobradas a inclinação das camadas é as-

Fig. 97. — Camadas tendo a mesma espessura, porém inclinando-se em angulos differentes. Vê-se que a camada com a inclinação de 20 tem um afloramento que excede de duas vezes o da camada vertical da mesma espessura.

sumpto da maior importancia. A largura de um afloramento varia com o angulo da inclinação. Na fig. 97, por exemplo, as tres camadas são da mesma espessura; porém na superficie a segunda tem exposto cerca do dobro da largura da primeira e da metade da terceira.

O conhecimento da inclinação é indispensavel na determinação da espessura das rochas, assumpto de maior importancia em todos os estudos da geologia estructural.

Na figura junta vê-se que dos tres blocos de terreno do mesmo tamanho tendo carvão por baixo, A tem o carvão mais proximo á superficie, sendo este mais profundo em B e ainda mais profundo em C. O terreno C tambem tem mais carvão por hectare do que os outros em virtude do dobramento ou posição das camadas.

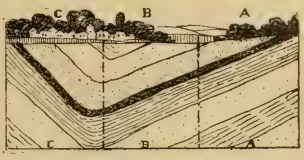


Fig. 98. — Illustrando a importancia economica da inclinação.

A *orientação* (*strike*) de uma camada é o seu rumo na superficie do chão. Faz geralmente angulo recto com a direcção da inclinação. Utiliza-se da orientação no traçar as camadas e afloramentos na superficie do chão. Na figura 94 na pagina 243 a orientação é a linha traçada na face da rocha em angulo recto com a inclinação.

As dobras das camadas de rocha podem ser traçadas por longas distancias; porém mais cedo ou mais tarde desapparecem. Acontece ás vezes, tambem, que ao traçar uma dobra atravez de uma região até que ella desappareça encontra-se o começo de uma outra ao lado e em escalão.

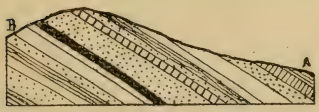


Fig. 99. — Secção mostrando as camadas geologicamente superiores em um nivel hypsometricamente inferior.

As dobras tambem desapparecem em profundidade, isto é, uma dobra na superficie torna-se gradativamente menos saliente á medida que se penetra na terra, até que finalmente desapparece de todo. Em taes casos a compressão que se acha representada pela dobra na superficie foi compensada pelo esmagamento da massa da rocha nas maiores profundidades onde a pressão era maior. Ao fallar das relações das camadas entre si é usual referir-se ás depositadas por ultimo como as camadas de cima e as depositadas primeiro como as camadas de baixo. Deve-se notar, porém,

que as palavras; « mais alto e mais baixo, cima e fundo » empregam-se na geologia estructural sem referencia á elevação acima do nivel do oceano. Na figura junta as camadas em A são as mais altas e as em baixo de B as mais baixas (fig. 99).

Formas dos afloramentos. — A fórma de um afloramento é

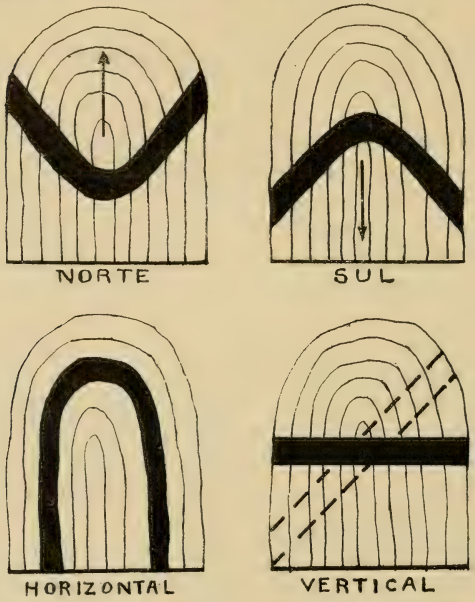


Fig. 100. — Formas de afloramentos variando com direcção e importancia da inclinação. As flechas mostram a direcção da inclinação das camadas.

determinada pela forma e inclinação das camadas. Num trecho topographico dado, como das figuras juntas, a forma dos morros fica a mesma, mas a direcção do afloramento de uma camada dada varia com a inclinação.

Dobras subvertidas são simplesmente dobras anticlinaes que têm

têm sido comprimidas até que cahiram de um lado. Estas dobras subvertidas são feições estructuraes bastante communs em algumas partes do mundo, porém absolutamente desconhecidas em outras.

Effeitos das dobras sobre a topographia. — A erosão a que estão sujeitas as rochas expostas sobre a terra frequentemente escurece as feições estructuraes devidas ás dobras. Se não fosse assim, todos os synclinos formariam valles e todos os anticlinos formariam morros.

Na realidade podemos ter, e temos, valles e morros anticlinaes e synclinaes e tambem lombadas monoclinaes e isoclinaes.

Valles anticlinaes são os que se acham excavados ao longo dos eixos de dobras anticlinaes. A sua estructura geral acha-se representada na figura junta. Neste caso o apice do arco anticlinal tem sido removido por erosão (fig. 101).

Fig. 101. — Secção mostrando a estructura de um valle anticlinal.

Valles synclinaes são os que acompanham dobras synclinaes mais ou menos como o que se acha representado na figura 102.

Fig. 102. — Secção mostrando a estructura de um valle synclinal.

Morros synclinaes são deixados pela erosão das rochas de cada lado de uma dobra synclinal, ficando esta como o cume de um morro ou lombada.

Morros anticlinaes apresentam uma estructura anticlinal como se mostra na figura 104.

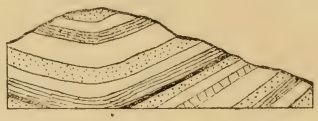


Fig. 103. — Secção mostrando a estructura de um morro synclinal.

Lombadas monoclinaes são aquellas em que as camadas horizontaes acham-se dobradas para baixo ao longo de um eixo dado, como na figura 88 na pagina 242.

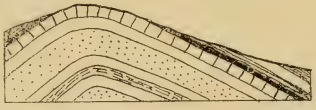


Fig. 104. — Secção mostrando a estructura de um morro anticlinal.

Lombadas isoclinaes são aquellas em que, por uma serie de dobras subvertidas, foi dada a mesma inclinação a todas as camadas, como se vê na figura 105.

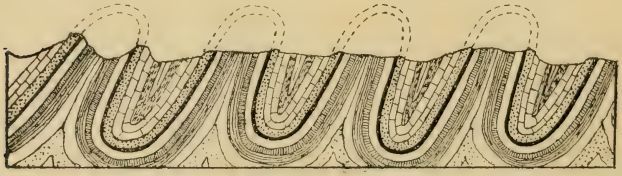


Fig. 105. — Secção mostrando a estructura de dobras e lombadas isoclinaes.

Nas regiões onde parece haver uma espessura descommunal de camadas sedimentarias tendo todas a mesma inclinação, o geologo deve-se prevenir contra erros induzidos pela estructura isoclinal.

Quando as rochas são dobradas, parece depender principalmente da sua inclinação, ou posição original, serem formados anticlinos ou

synclinos, e cahirem n'uma direcção ou na outra as dobras subvertidas. Dado que na figura junta as linhas verticaes representem paredes inflexiveis contra as quaes se empurra um corpo flexivel: aquelle corpo se dobra para cima ou para baixo conforme a sua posição quando se começa a applicar a pressão. No lado esquerdo a dobra para

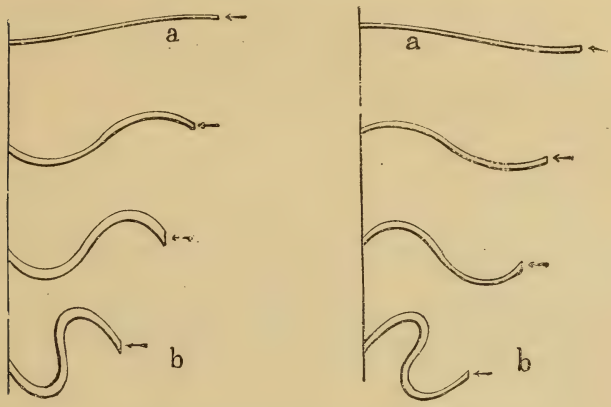


Fig. 106. — Diagramma illustrando a influencia da inclinação inicial sobre a estructura.

baixo se acha junta a parede ao passo que no lado direito está na extremidade mais distante della: no esquerdo as dobras cahem distante do ponto de pressão, no direito cahem proximas ao mesmo ponto.

O dobramento das rochas pode ser moroso ao ponto de não quebrar as camadas. Em taes casos ha uma recrystallização da propria rocha. Este processo está bem illustrado pelo dobramento gradual das lapides de marmore nos tumulos do cemiterio da Consolação na cidade de S. Paulo. Ali se vêem lapides deitadas em posição quasi horizontal ha muitos annos apoiadas sómente nas extremidades, cuja parte mediana abaixou-se gradualmente, ficando ellas sempre rijas. As seguintes notas fôram tomadas naquelle cemiterio no mez de Junho de 1913.

LAPIDE COM A DATA DE 1884

Comprimento	180.5	centimetros
Largura	85.0	—
Espessura	2.2	—
Abaixamento maior	3.0	—

LAPIDE COM A DATA DE 1877

Comprimento	142.8	centimetros
Largura	59.53	—
Espessura	2.5	—
Abaixamento maior	2.4	—

LAPIDE COM A DATA DE 1868

Comprimento	188.7	centimetros
Largura	87.3	
Espessura	3.5	—
Abaixamento maior	2.2	—

LAPIDE COM A DATA DE 1875 OU DE 1896

Comprimento	175.5	centimetros
Largura	78	—
Espessura	4	—
Abaixamento	3.4 a 4.7	—

LAPIDE COM A DATA DE 1880

Comprimento	175.5	centimetros
Largura	77	
Espessura	3.5	
Abaixamento	0.19	—

Cumpre notar que parece provavel que o abaixamento ou empeno das lapides não seja devido inteiramente ao pezo da pedra, mas sim talvez ás temperaturas ou á humidade relativa dos dois lados. Mas em todo caso é facto que as lapides curvam-se, seja qual fôr a causa.

Quando uma lapide de marmore de espessura de 3.5 centimetros chega a curvar-se desta maneira em 45 annos, ou menos, podemos fazer ideia do que pode acontecer em muitos seculos com as rochas da crosta da terra que estão debaixo de pressão enorme.

Falhas.

Quando, porem, o debramento se opera de repente, ou quando as rochas não cedem com promptidão á pressão, *falhas* se formam.

Chama-se *falha* um deslocamento de uma camada de rocha que interrompre a sua continuidade. As falhas podem cruzar as rochas em qualquer direcção; podem occorrer isoladamente ou em series, cruzando-se, neste ultimo caso, em varios angulos. Chamam-se as falhas *normaes* ou *invertidas* conforme a direcção dos deslocamentos.

Falhas normaes

Falhas normaes chamam-se ás vezes falhas de *gravidade*. São produzidas por tensão ou por uma distensão das camadas quebradas.

Nos districtos de mineração, onde as falhas são desta natureza, existe uma bem conhecida regra « que a falha se inclina para o lado

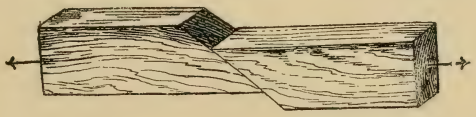


Fig. 107. — Para illustrar o deslocamento produzido por uma falha normal, ou de gravidade. Os blocos são esticados nas direcções indicadas pelas flechas.

cahido. » Comprehende-se isto pelo exame da figura 107. Quando os blocos são separados de modo a deixarem juntas as suas faces, cahe para baixo o lado para o qual se inclina a face da fractura. Falhas normaes, de tensão ou de gravidade, se apresentam nas regiões de tensão superficial ou da pressão para baixo sómente de pesadas massas de rocha.

As falhas podem enganar a respeito da espessura das camadas

Fig. 108. — Secção mostrando a repetição da mesma camada por falhas normaes n'um paiz chato.

envolvidas. Na figura 108, por exemplo, se não fôrem consideradas as falhas, podia-se imaginar que a espessura era quatro vezes maior do que a verdadeira, por serem as camadas repetidas pelas falhas. Esta

especie de falhas pode-se apresentar em regiões montanhosas bem como nas achatadas como se vê na figura 109.

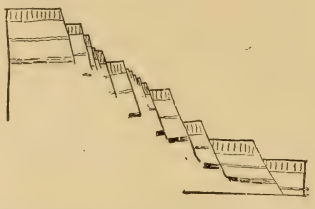


Fig. 109. — Secção atravez de muitas falhas em degraus em uma região montanhosa mostrando muitas repetições das mesmas camadas.

Falhas revertidas ou de empurrão.

Com os mesmos blocos mostrados na figura 107 produz-se uma outra especie de deslocamento, se os pedaços fôrem empurrados em

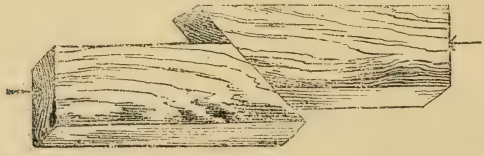


Fig. 110. — Blocos deslocados por um empurrão illustrativo de uma falha revertida.

falha revertida, sendo tambem revertida a regra relativa á inclinação lugar de serem esticados. Com as rochas este empurrão produz uma

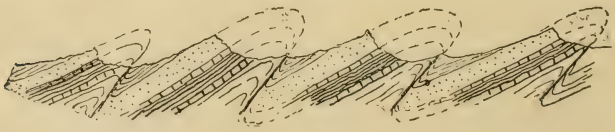


Fig. 111. — Falhas revertidas mostrando diversas repetições das mesmas camadas.

da face da falha n'uma região de falhas normaes, isto é, a falha se inclina para o lado levantado.

As falhas revertidas tambem produzem a repetição das camadas falhadas, como se vê na figura 111.

Complicações produzidas por falhas.

No estudo de falhas é bastante importante saber se a região é uma de compressão, onde se deve esperar falhas revertidas, ou de contracção, onde se deve esperar falhas normaes.

Nas regiões de mineração é necessario comprehender as falhas porque estas frequentemente deslocam os corpos de minereo tornando necessario descobril-o novamente no lado opposto da falha. Na figura 112, por exemplo, onde o carvão é cortado por uma falha, vê-se que é preciso, ao chegar a esta, saber se o carvão deve ser procurado para cima ou para baixo no lado opposto da falha. Frequentemente se produzem falhas ao longo dos eixos de dobras, especialmente quando o plano axial desta fôr muito inclinado.

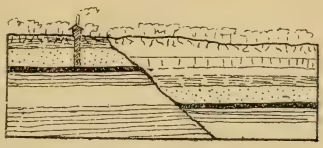


Fig. 112. — Secção mostrando o deslocamento de uma camada de carvão por uma falha normal.

Na figura 113 mostra-se o resultado de uma experiencia feita sobre camadas de cera dobradas e falhadas por pressão lateral applicada com uma carga de chumbo de caça collocada em cima da cera.

O *deslocamento* nas falhas varia enormemente. Acontece ás vezes que falhas passam por pequenos seixos e que estes depois de falhados ficam recimentados. As taes falhas apresentam o deslocamento de poucos millimetros apenas. Frequentemente as falhas são tão pequenas que só se reconhecem com o microscopio composto. Desde estes deslocamentos microscopicos ha falhas que attingem proporções enormes. Nas montanhas Appallachianas da America do Norte ha deslocamentos de seis mil metros; nas montanhas Wasatch de Utah ha uma falha com o deslocamento de doze mil e duzentos metros, ao passo que entre

as falhas subvertidas *(overthrust faults)* da Escossia ha uma de muitos kilometros.

Na sua *continuidade* as falhas são igualmente variaveis. E' provavel que a sua profundidade seja limitada em virtude da disposição das rochas a ceder quando debaixo de grande pressão, como se fossem plasticas, em lugar de se quebrar e escorregar. Longitudinalmente, falhas pódem ser compridas ou curtas. Alguns exemplos notaveis são

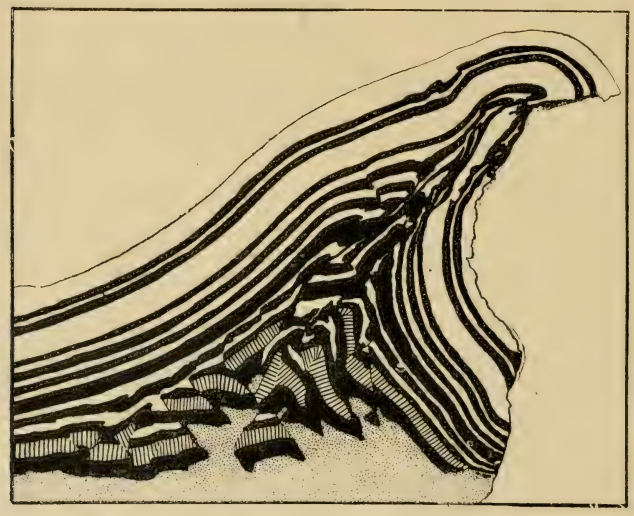


Fig. 113. — Uma dobra artificial em camadas de cera passando para uma grande e muitas pequenas falhas. *(Willis.)*

citados na Africa onde dizem que uma tem o comprimento de cento e noventa e cinco e outra e de quatrocentos e trinta e cinco kilometros. Na California ha diversas falhas de cento e noventa e cinco até trezentos e oitenta kilometros de comprimento.

Dr. Gonzaga de Campos é da opinião que os rumos dos grandes rios do oeste do estado de S. Paulo são determinados por um systema

de falhas parallelas que correm a oeste-noroeste (1). A direcção das falhas pode variar entre vertical e horizontal, e em lugar de um empurrão simples pode haver uma especie de movimento de enrollamento

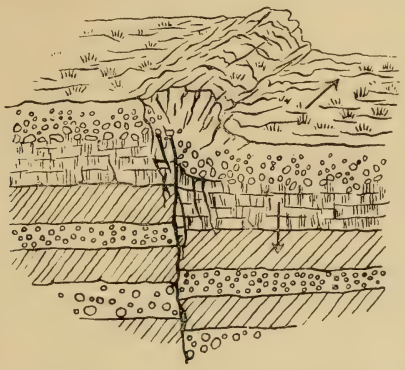


Fig. 114. — Secção atravez de uma falha mostrando tanto deslocamento vertical como lateral nas direcções indicadas pelas flechas.

ou torsão. A figura 114 mostra uma falha na qual tem havido deslocamento em duas direcções, tendo o lado direito cahido e ao mesmo tempo sido empurrado lateralmente. A direcção dos movimentos achase indicada pelas flechas.

Quando as falhas são produzidas por pressão, os blocos ou secções

Fig. 115. — Secção mostrando como blocos de terreno falhado podem ser empurrados para cima ou para baixo de conformidade com o angulo de fractura da falha.

pódem ser empurrados para cima ou para baixo. Isto se comprehende pela inspecção da figura 115 que mostra a relação evidente entre a direcção do movimento e a dos planos das falhas.

(1) Gonzaga de Campos. *Reconhecimento da zona comprehendida entre Baurú e Itapura*, p. 12. S. Paulo, 1905.

A idade de uma falha é muitas vezes assumpto de grande importancia. Esta pode ser determinada com referencia ás camadas falhadas e ás não falhadas. E' evidente que uma falha deve ser mais recente do que a camada que fôr affectada ou deslocada por ella. As falhas são de todas as idades; mas, visto que as rochas mais antigas têm sido sujeitas a maior numero de movimentos do que as mais modernas, aquellas são mais falhadas do que estas. E' certo, porém, que mesmo no tempo actual se formam falhas.

As margens das falhas quando se apresentam na superficie do chão são geralmente mais ou menos franjadas, irregulares e tortuosas. Acontece, porém, ás vezes, que uma falha é quasi recta na distancia de alguns kilometros.

Slickensides são estrias, arranhões, ou arranhaduras sobre as faces deslocadas onde os dois lados de rochas falhadas têm-se esfregado um contra o outro. São muito parecidas com as estrias feitas por geleiros sobre o seu leito rochoso.

Descobrimento de falhas na superficie da terra.

Para descobrir falhas não é sempre necessario vêr uma secção vertical mostrando o deslocamento das camadas.

(1) A terminação brusca das camadas ao longo da orientação *(strike)* muitas vezes fornece evidencia satisfactoria da existencia de falhas. Nestes casos o córte por desnudação do lado levántado mostra uma falha.

Fig. 116. — Uma falha suggerida por camadas mais novas apparentemente mergulhando debaixo das mais velhas, porém com o contacto encoberto.

(2) A passagem apparente de camadas mais novas por debaixo de outras mais antigas, conforme indica a figura 116, constitue evidencia satisfactoria de uma falha. Nesta figura, se fôr sabido que as camadas no lado direito são mais antigas do que as que parecem se inclinar por debaixo della, é certo que deve haver uma falha onde as duas series de camadas se encontram. Isto resulta do facto que nor-

malmente as camadas mais antigas devem jazer por baixo das mais novas, salvo um tal deslocamento.

Outros phenomenos antes suggerem do que demonstram com certeza a existencia de uma falha. Estes são:

(3) **Mineralização ao longo de linhas de falhas.** — O deslocamento das camadas muitas vezes fornece vias para agua nas quaes se formam vieiros mineraes.

(4) **A emergencia de fontes.** — As vias aquosas formadas ao longo de linhas de falha frequentemente dão lugar para a agua chegar á superficie na forma de fontes.

(5) **Mudanças na topographia.** — Na passagem de um lado de uma falha para o outro encontra-se ás vezes uma mudança notavel na topographia devida a differenças no caracter das rochas nos dois lados da falha.

(6) **Mudanças das rochas ou do solo.** — Uma mudança brusca no caracter da rocha ou do solo, que não se póde attribuir a outra estructura conhecida, é muitas vezes devida a uma falha que traz á superficie do chão rochas de duas qualidades nos lados oppostos da falha.

Importancia economica de falhas.

As falhas têm frequentemente a maior importancia economica. Esta importancia pode ser positiva, — devida ao facto que valiosos depositos mineraes encontram-se muitas vezes em falhas, ou negativa — devida ao deslocamento de corpos de minerio por falhas. As falhas assim muitas vezes tornam difficil e problematica a mineração.

A alteração das rochas.

Depois de uma vez formadas, quer sejam sedimentos mechanicos, depositos chimicos ou organicos, ou de origem ignea, as rochas não ficam sempre no mesmo estado pois que estão sujeitas a muitas modi-

ficações, além dos deslocamentos puramente mechanicos já mencionados, entre as quaes algumas até alteram a sua composição chimica.

Metamorphismo é o nome dado a qualquer mudança, sem ser a de deslocamentos mechanicos, que as rochas soffrem depois de sua formação original, quer seja chimica, mineralogica ou outro qualquer rearranjamento. Este metamorphismo muitas vezes escurece não sómente a fórma original como tambem o modo de formação das rochas affectadas. Os effeitos do metamorphismo variam conforme a natureza das rochas e a dos agentes metamorphoseantes. O metamorphismo pode produzir um ou mais dos effeitos seguintes :

I. — Mudança de còr.

II. — Endurecimento. O arenito é frequentemente transformado em quartzito, e as argillas em ardosia.

III. — Expulsão d'agua e outros ingredientes vaporisaveis.

IV. — Assamento e fusão.

V. — Crystallisação acompanhada ou não por mudança nos mineraes constituintes. O marmore, por exemplo, é um calcareo alterado.

VI. — A producção de mineraes novos.

VII. — Schistosidade e folheação.

VIII. — Obliteração do conteúdo fossil. Os fosseis não são sempre obliterados.

IX. — Obliteração dos planos de acamamento.

As causas do metamorphismo. — O calor e a humidade são os agentes principaes do metamorphismo. O calor pode ser produzido :

1.° Pela acção chimica.

2.° Pelo escorregamento, esmagamento, ou pressão.

3.° Pela injecção das rochas quentes.

4.° Pela invasão do calor interno do globo.

5.° Pela radio-actividade.

Não é necessariamente grande a somma de calor exigida para produzir metamorphismo. De facto as rochas metamorphicas contêm

alguns mineraes que não pódem resistir a uma temperatura muito elevada.

Pouca humidade sómente é exigida para o metamorphismo. A humidade, porém, parece ser indispensavel visto que o calor secco não affecta profundamente as rochas.

Um elemento importante na alteração das rochas é o espaço de tempo durante o qual se acham expostas aos agentes metamorphoseantes. Resulta, portanto, que as rochas mais antigas são as que, considerado o conjuncto, se acham mais alteradas.

O metamorphismo local.

O metamorphismo póde ser convenientemente considerado como *local* ou metamorphismo de contacto; ou como amplo ou metamorphismo *regional* ou em massa. O metamorphismo local ou de contacto é produzido pela injecção de rochas quentes que alteram as camadas com as quaes vem em contacto.

Em muitos lugares os effeitos de taes intrusões são muito notaveis. No Colorado na America do Norte, por exemplo, rochas igneas têm penetrado em camadas de carvão e este foi alterado em *coke* ou em graphito pulverulento ou ainda em alguma outra forma de carbono. No norte da Irlanda um dique cortando uma camada de giz tem alterado esta substancia de modo que se pode distinguir sete cintas differentes na coloração e nos productos da alteração. Proximo ao dique o giz tem sido convertido em calcareo crystallino de côr pardacenta escura; depois vem calcareo saccharoide de grau miudo e com o aspecto de porcellana, azulado, cinzento e amarellado, passando finalmente o calcareo gradualmente ao giz não alterado adjacente. Na Africa tem-se encontrado rochas sedimentarias alteradas por um lençol de lava para uma « porcellana branca. »

Deve-se notar, porém, em taes casos de metamorphismo por contacto, que a area affectada é em geral sómente uma cinta estreita adjacente ás rochas quentes injectadas. A largura da cinta alterada varia consideravelmente; mas, sendo iguaes as outras condições, apre-

senta uma certa proporção para com a largura do dique ou da massa intrusiva. Um factor importante é tambem o caracter da rocha fundida injectada.

No sul do Brasil, onde ha grandes lençóes de rochas eruptivas, a acção metamorphica dos diques sobre os estratos adjacentes não é muito grande. Uma camada de dois metros (1) de espessura que se intercalou entre camadas de carvão e o arenito superposto apenas tornou vermelho o arenito e mudou a apparencia das plantas fosseis. Um dique vertical que corta o carvão nas minas de S. Jeronymo no Rio Grande do Sul transformou o carvão parcialmente em coke, somente na extensão de tres ou quatro metros.

Metamorphismo geral ou regional. — Applica-se o nome de metamorphismo *regional* a areas de rochas alteradas onde não ha relação apparente entre o metamorphismo e os phenomenos igneos locaes. As mudanças nas rochas pódem, por si, serem as mesmas, mas no presente caso são de extensão muito mais lata. Debaixo deste titulo de metamorphismo regional vem o dos schistos crystallinos e outras rochas metamorphoseadas que cobrem grande parte do interior do Brasil. No metamorphismo regional é tambem para notar que tanto o caracter como o grau da alteração varia consideravelmente. As differenças sã devidas :

I. — A differenças na quantidade da agua contida nas rochas.

II. — A' condição ou tamanho das particulas constituintes das rochas.

III. — A variações na composição das rochas.

Estas differenças nas rochas originaes dão origem a resultados variados. Acontece ás vezes que, em regiões de metamorphismo largamente estendido, algumas camadas são pouco ou nada affectadas ; ao passo que outras são completamente alteradas e ainda outras apenas em parte. Estas differenças parecem ser explicaveis sómente pela refe-

(1) I. C. White. *Relatorio final da Commissão de Estudos das Minas de carvão de pedra do Brasil*, p. 218. Rio de Janeiro, 1908.

rencia ao caracter ou á condição original das rochas e ao seu conteúdo em humidade.

O Dr. Francisco de Paula Oliveira pensa que o metamorphismo exhibido pelas grandes lages que se encontram em Ilhota, nos arredores d'Itajahy em Santa Catharina, em Pantôjo e perto de Itú em S. Paulo é devido, diz elle, a « metamorphismo regional auxiliado pela erupção dos granitos roseos, que tambem transformaram os calcareos carbonosos em marmores brancos nos arredores de Camboriú, margem do Itajahy Mirim e Limeira na mesma zona; em Caçapava no Rio Grande do Sul, no salto do Volurantim em Sorocaba, S. Paulo e em outros lugares ».

As rochas metamorphicas.

As rochas metamorphicas abrangem os schistos, quartzitos, ardosias, alguns marmores, serpentinas e muitas outras. Deve-se notar que as regiões montanhosas muitas vezes têm as suas rochas metamorphoseadas. Taes regiões são áreas de movimento, puxões, escorregamentos e dos phenomenos de alta temperatura que são capazes de produzir taes alterações.

As rochas metamorphicas são frequentemente muito antigas; mas nem sempre e nem necessariamente isso acontece. São mais frequentemente rochas profundas, e quando encontradas na superficie é isto geralmente devido ao facto de serem descobertas pela erosão de camadas que antes as cobriam.

Conclusões geraes relativas ao metamorphismo.

1. Metamorphismo é a mudança de fórma ou de estructura interna das rochas quer sejam sedimentarias ou igneas.

2. Em todos os casos o metamorphismo teve lugar depois da formação das camadas.

---

(1) *Subsidios ao estudo da geologia do Brasil*, p. 12, 1907.

3. O metamorphismo é produzido por calor, pressão e mudanças chimicas auxiliadas por aguas e alcalis.

4. O metamorphismo pode ser local, isto é, produzido por contacto com rochas quentes; ou regional, isto é, largamente estendido.

5. O metamorphismo não é sempre uniforme atravez de uma serie de rochas e pode mesmo se apresentar em camadas salteadas de uma serie.

6. O metamorphismo póde affectar as camadas no sentido vertical ou horizontal.

7. O metamorphismo não introduz nas rochas novos elementos chimicos, mas sómente causa um rearranjamento dos já existentes.

8. A natureza das mudanças numa rocha depende do caracter do material original e da natureza e intensidade da acção do agente metamorphoseante.

9. O metamorphismo póde apparecer em rochas de qualquer idade, não sendo, portanto, prova da idade das rochas em que apparece.

10. O metamorphismo é, porém, mais largamente estendido nas rochas mais antigas.

11. O metamorphismo é mais commum nas regiões que têm uma grande espessura de estratos.

12. Raras vezes o metamorphismo é uniforme numa area grande; geralmente é mais forte num lugar e menos forte em outro.

13. As rochas metamorphicas do Brasil são schistos, ardosias, quartzitos, itacolumitos, marmores, e serpentinas.

14. Em geral o metamorphismo tem lugar numa grande profundidade abaixo da superficie do chão, e as rochas metamorphicas têm ficado expostas posteriormente pelos processos de erosão e denudação.

Filões, vieiros ou bêtas mineraes.

Os vieiros mineraes são de pequena extensão, mas são de grande importancia economica devido ao facto que muitos dos mais valiosos de nossos mineraes n'elles se apresentam.

Deve-se lembrar, porém, que os depositos geologicos de valor economico não são todos em forma de vieiros.

Um vieiro é um lençol de rocha depositado de solução e enchendo uma fenda em outra rocha. Na fórma ha muitas vezes uma forte semelhança entre um dique e um vieiro. Comquanto, porém, o dique se fórme n'uma fenda das rochas, como um vieiro, elle é formado de rocha fundida, e n'um espaço de tempo curto; ao passo que um vieiro é formado na fenda por aguas circulantes nas rochas sendo o material do vieiro ali depositado lentamente de solução.

Muitos vieiros se fórmam de modo differente do enchimento de uma simples fenda; mas os que enchem fendas serão considerados em primeiro lugar.

Para comprehender a fórma dos vieiros é, porém, necessario saber alguma cousa da origem e fórmas das fendas nas quaes são depositados.

Origem de fendas.

As fendas se fórmam nas rochas :

I. — Por torsão.

II. — Por choques quando as rochas se acham sujeitas a tensão.

III. — Por falhas. Quando existem falhas, as faces da rocha, depois do falhamento, nem sempre se ajustam exactamente de modo que ficam fendas irregulares ao longo das linhas de fractura.

IV. — Por tensão e quebramento, ou por compressão e abertura das camadas ao longo dos cumes de lombadas anticlinaes.

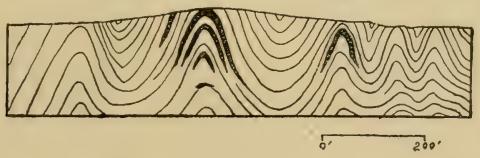


Fig 117. — Secção atravez dos vieiros sellados *(saddle reefs)* em Hargreaves, Nova Galles do Sul. As areas negras representam mineraes depositados em aberturas nas cristas dos anticlinos.

A figura junta mostra como a compressão apertada dos cumes de dobras anticlinaes tem aberto cavidades nas quaes se fórmam vieiros mineraes.

As fendas ás vezes se abrem tambem ao longo dos fundos de dobras synclinaes, porém a tendencia geral nas camadas internas de uma ruga synclinal é para a consolidação por compressão.

V. — Por contracção devida á dolomitação e perda de agua. Quando uma parte da cal de um calcareo fór substituida pela magnesia o processo, chamado dolomitação, causa uma contracção da camada original na importancia de doze por cento.

Alargamento de fendas.

Filões podem crescer:

I. — Por expansão devida á crystallisação em fendas incipientes.

II. — Pela solução das rochas aos lados dos filões e pelo alargamento das fendas ao passo que os vieiros crescem.

III. — Ha tambem formações que parecem ser depositadas de

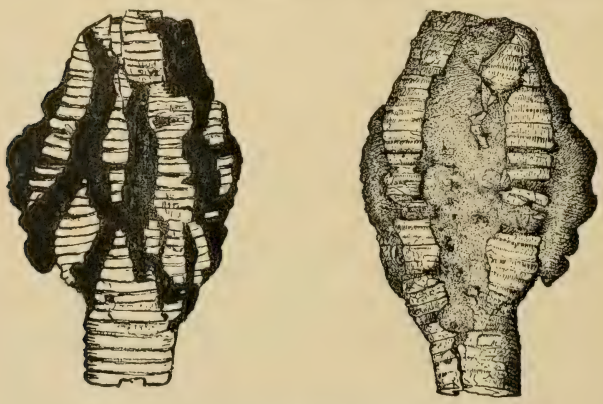


Fig. 118. — Haste de um crinoide expandida pela deposição de quartzo no seu centro oco. Tamanho natural.

solução entre fragmentos enchendo cavernas ou galerias abertas. Estes depositos geralmente têm a forma de breccia. É claro que estes depositos crescem somente ao passo que as cavernas se fórmam e desabam.

Alguns vieiros parecem estar em fendas que nunca fôram abertas, sendo as suas paredes separadas pelo empuxo dos mineraes depositados nellas. A figura junta mostra os dois lados de uma haste de crinoide quebrada e recimentada por vieiros de quartzo. Parece provavel que neste caso o quartzo fosse depositado gradualmente em aberturas muito delgadas e não em fendas bem definidas.

Profundidade das fendas. — Comquanto as fendas nas rochas variem consideravelmente em profundidade, acha-se limitada a sua extensão vertical. Isto é devido ao facto que passando a pressão de um certo peso as rochas cedem como massas plasticas, e qualquer ruptura que se fórme n'ellas fecha-se immediatamente.

Esta zona pode-se chamar a zona de fluxão.

Ella principia entre a profundidade de 24 e 32 kilometros abaixo da superficie da terra. Para as rochas mais duras e mais resistentes essa profundidade é ainda maior.

E' esta a hypothese a respeito do comportamento de rochas quando submettidas a grande pressão, e que ellas effectivamente assim se comportam tem sido demonstrado experimentalmente (1). Dahi se segue que vieiros formados em fendas abertas devem ter sido feitos acima, ou dentro, da zona da estabilidade das rochas.

Podemos, porém, conceber o alargamento de fendas pelo processo da crystallisação de soluções de materia mineral onde a força mechanica da crystallisação fôr bastante grande para vencer a pressão das paredes rochosas.

Vieiros variam muito em tamanho; alguns têm apenas poucos millimetros de espessura ao passo que outros têm muitos metros. Até o mesmo vieiro varia bastante sendo muito delgado em alguns pontos e grosso em outros. Apresentam-se ás vezes isolados, ás vezes em series, parallelos uns aos outros, e ainda outras vezes em diversas series cruzando-se em varios angulos. Pódem até apresentar anastomoses,

---

(1) Adams and Nicholson. *XI Congrès Géologique International*. Compt. Rend., 1910, pag. 911 —. L. V. King. *Journal of Geology*, 1912, XX, 119-138. Bibliographia. V. *Geologische Rundschau*, 1911, II, 145-147.

ou correr em todas as direcções sem seguir qualquer uma em particular.

Os vieiros se apresentam em rochas de todas as idades desde as mais velhas até as mais novas. São um tanto mais abundantes nas rochas mais antigas, mas por outro lado estas pódem ser inteiramente livres d'elles. Que vieiros se formem ou não em certas areas ou rochas depende, não da idade das rochas, mas das condições locaes.

A maioria dos vieiros são estereis em mineraes de valor economico; sendo muito menos abundantes os que são valiosos. A unica differença essencial entre vieiros estereis e valiosos é que os ultimos contêm um mineral, ou talvez mais que não se apresenta no outro. Nenhuma differença essencial ha no modo de formação dos dois.

O enchimento de vieiros. — A origem dos mineraes que enchem os vieiros tem sido assumpto de muito estudo e discussão. As theorias adiantadas pódem ser collocadas em tres grupos conforme os suppostos pontos de derivação dos mineraes: (I) de baixo: (II) de cima: (III) dos lados.

Enchimento de vieiros de baixo. — A theoria da origem profunda de corpos de minereo tem sido e ainda é mantida por muitos dos mais habeis geologos.

Entre os factos que se apresentam em apoio desta theoria merecem menção os seguintes. As aguas nas grandes profundidades são sujeitas a grande pressão e frequentemente possuem temperatura elevada, e portanto o seu poder dissolvente as habilita a dissolver muitos dos mineraes com os quaes vêm em contacto. A' medida que estas aguas se approximam á superficie, abaixa a temperatura e ao mesmo tempo diminue a pressão a que estão sujeitas, de modo que não pódem mais reter em solução os seus mineraes, e estes são portanto depositados nas fendas pelas quaes passam as aguas (1).

---

(1) Uma exposição comprehensiva desta theoria foi publicada pelo American Institute of Mining Engineers com o titulo *The genesis of ore deposits*, pelo Professor Franz Posepny, New York, 1895.

Enchimento de vieiros de cima. — O facto que as aguas cahindo sobre a superficie da terra penetram para baixo dissolvendo mineraes no seu caminho e entrando em quaesquer cavidades que encontrem é apresentado em apoio da theoria da origem da materia de cima dos vieiros. Muitos corpos de minereo só se apresentam valiosos em profundidades moderadas, e este facto parece dar apoio a esta theoria. Em geral, porém, não se considera com tanto favor esta theoria como qualquer uma das outras duas.

Enchimento lateral de vieiros. — A feição principal da theoria da origem lateral do enchimento de vieiros é que as aguas depositando os minereos nos vieiros se infiltraram nas fendas das paredes rochosas adjacentes, e que os minereos fôram tomados em solução nestas rochas das paredes e redepositados nas cavidades das fendas. Attribue-se esta theoria ao geologo allemão Sandberger, mas em fórma um tanto modificada é agora sustentada por muitos dos melhores geologos economicos.

Uma theoria modificada. — Se fôsse possivel seguir uma gotta de agua na sua passagem atravez das rochas desde o momento em que cahe sobre a superficie da terra, achariamos que ella ás vezes se move para baixo, outras vezes para cima e ainda outras vezes para um e outro lado. Estes movimentos seguem-se necessariamente do facto que as vias de passagem que a agua tem de tomar não são simples e rectas, mas tortuosas e complicadas. Considerando a via como um tubo, é evidente que emquanto a cabeceira, ou a extremidade onde a agua entra, fôr mais elevada do que a sahida, a agua correrá pelo tubo movendo-se em todas as direcções tomadas por este por mais tortuoso que seja. As vias das aguas subterraneas devem, portanto, ser consideradas como syphões invertidos e irregulares. Nestas circumstancias a agua póde descer a uma grande profundidade na terra e depois voltar em direcção á superficie com muitas mudanças intermediarias de direcção, de temperatura, e de pressão; e no seu curso atravez das rochas dissolverá mineraes em alguns pontos e os depositará em outros, conforme fôrem as condições favoraveis para a solução ou para a deposição.

Processo de enchimento.

O processo de enchimento de vieiros não é, porém, sempre o mesmo. Algumas substancias são *volatilisadas*, e são precipitadas desta condição pelo resfriamento á medida que se approximam da superficie da terra.

A agua quente carrega certos mineraes em solução e estes são

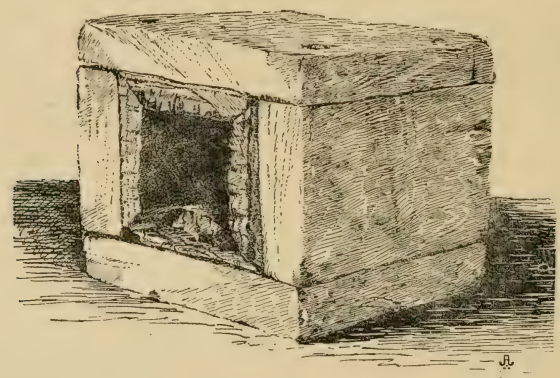


Fig. 119. — Secção de uma calha de madeira usada durante 10 annos para levar agua quente da mina atravez das minas de Comstock, America do Norte. Uma camada de aragonito solido com a espessura de 15 millimetros se formou sobre as paredes internas da calha.

precipitados á medida que a agua se resfria. A figura junta representa uma calha empregada em conduzir agua quente de uma parte de uma mina para outra. Na sua passagem pela calha as aguas fôram um tanto resfriadas sendo por causa disso precipitada uma parte da materia mineral que levavam em solução.

Parece razoavel suppôr que, passando a agua por uma cavidade nas rochas em lugar de uma calha, a precipitação teria lugar onde as paredes da cavidade resfriassem as aguas.

Aguas ordinarias, ou antes aguas com temperaturas ordinarias, frequentemente precipitam materia mineral sobre as paredes de cavi-

dades nas rochas quando encontram aguas de composição differente, e tambem quando ficam por muito tempo paradas.

Além dos vieiros acima considerados, enchidos por via humida (circulação d'agua e vapores subterraneos), ha ainda outros de natureza de diques cujo material consiste em rochas eruptivas, nas quaes se apresentam, frequentemente, segregações de mineraes aproveitaveis. Em taes casos os diques são geralmente denominados vieiros e muitas vezes ha difficuldade em distinguil-os dos vieiros de enchimento humido.

Riscos na mineração. — Alguns dos riscos na mineração são inteiramente independentes da geologia dos depositos de minereo. Tanto quanto as incertezas dependem da geologia, são devidas a irregularidades do vieiro, irregularidades das condições de deposição, e a deslocamentos dos vieiros. Do que já foi dito em relação á origem de vieiros é evidente que as fracturas ao longo das quaes se depositam os minereos raras vezes são regulares, e que, mesmo sendo, não se póde contar com esta regularidade indefinidamente ou por uma extensão indefinida.

Ainda que haja pouca irregularidade no tamanho de um corpo de minereo, o seu valor é sujeito a variar conforme as condições variaveis

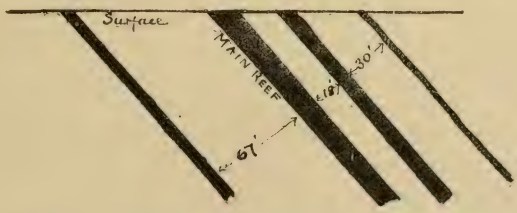


Fig 120. — Secção atravez de quatro « reefs » ou camadas de minereos no districto do Rand, Africa meridional.

em que a maior parte destes corpos se formarem, isto é, o minereo póde ser muito valioso em alguns pontos e imprestavel em outros.

Em algumas das minas da Africa meridional o ouro se encontra em camadas de rochas sedimentarias que são muito mais regulares

em espessura e posição do que os vieiros ordinarios. A figura junta mostra a regularidade que estes corpos de minereo ás vezes apresentam. Os algarismos entre as camadas indicam o espaço em pés inglezes entre as camadas mineralisadas.

Os minereos são muitas vezes deslocados ou fragmentados por falhas de modo a diminuir grandemente o seu valor pelo augmento do custo da extracção do minereo. Em alguns casos o terreno do lado levantado da falha foi erodido estando inteiramente removida a parte do vieiro daquelle lado. Taes casos, porém, pódem geralmente ser determinados de antemão por um estudo geologico cuidadoso. (Vêde a fig. 112 na pagina 253).

Relação de vieiros e depositos de alluvião. — — No caso de depositos auriferos, ao passo que os vieiros originaes fóram formados em alguns dos modos acima indicados, os que se conhecem

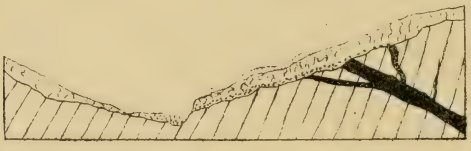


Fig. 121. — Secção mostrando a formação de deposito de *placers* pelo quebramento completo de vieiros.

pelo nome de *placers* têm sido derivados dos vieiros. Em alguns casos as rochas envolventes do vieiro se decompõem, e o proprio vieiro tambem, e o ouro desembaraçado da rocha, é carregado por cursos de agua até chegar em lugar onde a força da corrente não baste mais para o mover, e descendo ahi para o fundo conjuntamente com o cascalho e as areias pesadas que o acompanham. Assim se formaram os depositos de alluviões auriferas do Brasil. Quando o ouro se apresenta no solo das encostas dos morros, como ás vezes acontece no estado de Minas Geraes, é devido ao facto de haver vieiros auriferos nas rochas subjacentes.

E' bastante commum suppôr que os depositos de alluviões ricas indicam vieiros ricos de ouro. Isto porém, não é necessariamente o

caso. A riqueza de uma alluvião aurifera póde ser devida á grande somma de material do viveiro que tem sido concentrado para a produzir.

No Brasil os diamantes tambem se apresentam em depositos de alluvião. Neste caso fôram originalmente espalhados em algumas das rochas estratificadas da região diamantifera, sendo desembaraçado pela decomposição da matriz encaixante e accumulados nos leitos dos cursos de agua antigos ou recentes juntos com ouro e outros mineraes pesados.

Fontes e poços em relação á estructura geologica.

As aguas que sahem do solo na fórma de fontes são as mesmas que cahiram sobre a terra em fórmas de chuva, neve, saraiva e sereno infiltraram-se no solo e depois de um percurso maior ou menor atravez das rochas, surgiram como fontes. E' a gravidade, ou movimento descendente natural da agua, que a traz para a superficie, e no seu curso atravez das rochas, é guiada pelas aberturas ou vias de passagem nellas existentes, ou pelas camadas porosas.

A agua só póde-se accumular e circular naquellas rochas que apresentam aberturas, ou porosidade. A porosidade de uma rocha é devida á sua estructura e póde ser produzida por diversas maneiras.

I. **Porosidade devida a espaços entre os fragmentos de materiaes graúdos.** — Os pequenos fragmentos componentes de uma rocha se ajuntam tão apertadamente que os espaços entre os grãos são relativamente pequenos, havendo portanto pouco espaço para a agua, sem fallar da grande fricção que esta tem de vencer ao passar atravez de taes materiaes, e assim a rocha tem pouca porosidade. Á medida que os fragmentos augmentam em tamanho os espaços ficam maiores e a porosidade augmenta correspondentemente. Eis a razão por que nunca produzem muita agua as rochas compostas de materiaes miudos, ao passo que as areias e arenitos graúdos, os cascalhos e conglomerados são capazes de guardar e produzir muita agua.

Deve-se notar, porém, que os espaços entre os fragmentos de rochas de grão graúdo pódem ser completamente fechados pela pre-

sença de um pouco de material miúdo como a argilla. Por isso ás vezes acontece que os conglomerados se tornam rochas bem fechadas e compactas.

II. **Porosidade devida a juntas ou fendas nas rochas.** — Acontece ás vezes que rochas compactas e de granulação miúda permittem a passagem d'agua ao longo de juntas ou fendas quando estas são abundantes.

Não é sempre porém que as rochas com fendas e juntas pódem fornecer agua, porque a presença da agua depende tambem das condições meteorologicas locaes. Em regiões onde ha muita chuva, e onde a chuva está bem distribuida pelo anno inteiro, taes rochas pódem fornecer poços perennes. Mas nas regiões de seccas no norte do Brasil rochas deste caracter não produzem agua pela razão de que a chuva ali, não estando bem distribuida, cahe quasi toda de uma vez, e corre logo para o mar, sem ter tempo de entrar no chão e nas rochas.

III. **Vias para agua feitas por cavernas.** — Em regiões calcareas onde pela solução da rocha se fórmam cavernas, encontram-se frequentemente grandes vias abertas para agua. Em regiões vulcanicas, cursos d'agua tambem correm em cavernas formadas originalmente pelo derramamento de lençóes de lava que resfriaram e endureceram na superficie emquanto a rocha embaixo estava ainda fluida. Taes cursos d'agua não são, porém, devidos á porosidade mas á existencia de grandes aberturas cavernosas.

IV. **Porosidade devida a dolomitação.** — Quando um calcareo tem uma parte da sua cal substituida pela magnesia a rocha se contrae de modo a perder doze por cento do seu volume. Assim se produz porosidade na dolomia recem-formada.

Relação á estructura. — Em relação aos movimentos subterraneos d'agua, é uma regra geral que a agua vai para onde póde correr com maior facilidade. E' portanto guiada nos seus movimentos pelas feições estructuraes das rochas pelas quaes passa, isto é, por porosidade, fendas, falhas e dobras que por um lado permittem movimento:

e por outro lado por estractos impermeaveis que impedem a sua passagem.

Numa região de rochas horizontaes vê-se muitas vezes a emergencia de fontes ao longo da margem superior do afloramento de uma camada impermeavel. Num tal caso, a agua penetra nas camadas sobrepostas, mas ao chegar á camada impermeavel é obrigada a mover-se ao longo do seu plano superior até encontrar sahida na superficie.

Na serra do Porto-Alegre no estado do Rio Grande do Norte ha um bello exemplar da relação da estructura geologica com a sahida

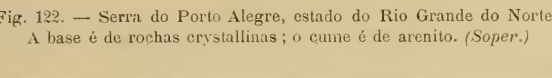


Fig. 122. — Serra do Porto Alegre, estado do Rio Grande do Norte. A base é de rochas crystallinas; o cume é de arenito. *(Soper.)*

natural das aguas. O cume daquella serra é de uma camada grossa de arenito que se sobrepõe ao gneiss que fórma a massa inferior da serra. As aguas das chuvas que cahem ali penetram com facilidade na rocha arenosa, e descendo até chegar ao gneiss debaixo, que não é muito permeavel, vêm sahir nas encostas da serra ao pé do arenito onde fórmam muitas fontes naturaes.

É um facto conhecido que muitas fontes existem ao longo dos escarpamentos da chapada do Araripe no estado do Ceará, chapada esta composta de camadas de rochas sedimentarias (1).

Poços communs. — A maior parte dos poços communs obtêm o seu abastecimento d'agua pela infiltração lenta d'esta atravez das rochas ou materiaes soltos ou permiaveis penetrados pelo poço. Quando o poço chegar a uma camada aquifera a agua escôa na abertura com bastante rapidez para substituir a que fôr retirada. Estas condições encontram-se em camadas de sedimentos graúdos e nos terrenos de alluvião, nos quaes as camadas graúdas do fundo acham-se em geral completamente saturadas d'agua.

(1) G. A. Waring. *Supprimento d'agua no Nordeste do Brasil.* Pub. 23. Inspectoria de Obras contra as Seccas, pag. 8. Rio de Janeiro, 1912.

Acontece ás vezes que poços situados proximo uns dos outros fornecem agua de qualidades differentes, devido isto a differenças na natureza das camadas donde provêm as aguas.

O encontro de agua no alto de morros ou montanhas ás vezes é motivo de surpreza. Ha sempre, porém, alguma razão geologica que

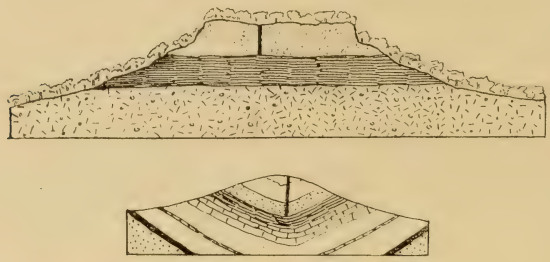


Fig. 123 e 124. — Secções mostrando como a agua é ás vezes encontrada no alto dos morros. A agua accumula-se numa camada porosa em cima de uma outra impermeavel.

explica taes occorrencias. Nos casos representados nas figuras juntas, por exemplo, a occorrencia de agua que á primeira vista parece anormal, é facilmente explicavel quando se comprehende a estructura geologica.

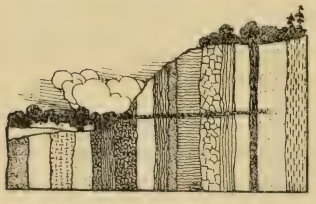


Fig. 125. — Secção mostrando como um poço horizontal póde obter agua em rochas em camadas verticaes.

Em alguns casos encontra-se agua ao furar poços horizontalmente nas encostas de morros em lugar de verticalmente nos valles. Isto acontece em regiões de rochas verticaes.

Quando as rochas são dobradas, a posição das principaes vias d'agua é determinada pela das dobras. Em taes casos é necessario determinar detalhadamente a geologia estructural para saber a locação das melhores posições para obter agua. Na figura junta é evidente que as melhores locações para poços só póde ser determinada pelo conhe-

cimento da estructura; e tambem que esta determinação não é questão de hypsometria, ou da elevação relativa das differentes partes da superficie da terra.

Em todos os casos é claro que a agua subterranea vae para onde póde passar com a maior facilidade. Dada a esperança quasi universal de poder achar agua em qualquer lugar do sertão do nordeste do Brasil, será bom seguir o conselho do hydrologo, Dr. Waring, que disse do granito e outras rochas crystallinas daquella região : « Estas rochas não permittem o accumulo d'agua subterranea em grande quantidade porque são muito compactas e as suas falhas não são em numero sufficiente (1) ».

Pelo contrario é provavel que em muitos pontos das rochas sedimentarias da costa nordeste e das serras do Araripe e Ibiapába seja encontrada agua subterranea em quantidade importante.

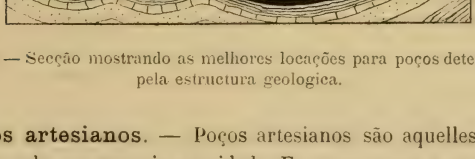


Fig. 126. — Secção mostrando as melhores locações para poços determinadas pela estructura geologica.

Poços artesianos. — Poços artesianos são aquelles em que a agua corre pela sua propria gravidade. Em taes casos a agua se accumula debaixo de condições estructuraes especiaes. Em geral temos que fazer com grandes areas, isto é, a agua se accumula sobre uma grande area de territorio.

As condições essenciaes para poços artesianos são as seguintes :

I. — Um estrato aquifero para conter a agua. Este é geralmente uma rocha de granulação graúda.

II. — Um estrato sobrejacente e confinante que impede o escapa-

(1) G. A. Waring. *Supprimento d'agua no Nordeste do Brasil*, pag. 54. Rio de Janeiro, 1912.

mento natural da agua. A camada confinante é geralmente de argilla, piçarra, folhelho ou outro material compacto semelhante.

III. — Cabeceira, ou elevação relativa do ponto de origem da agua, sufficiente para a trazer á superficie onde se faz a abertura. Acontece frequentemente que a cabeceira é apenas sufficiente para trazer a agua numa parte do caminho para á superficie.

IV. — Precipitação d'agua, ou chuva no affloramento.

É preciso lembrar que as aguas das fontes e dos poços são as mesmas que cahem das nuvens.

Importancia de altitudes relativas. — Acontece ás vezes que mesmo conhecendo a estructura geologica, a questão de obter um fluxo artesiano só póde ser determinada com referencia á altitude exacta da camada aquifera em diversos pontos. A's vezes isto póde ser feito por uma inspecção rapida da geologia e topographia, mas ás vezes é necessario correr linhas de nivel para verificar os factos.

Aguas mineraes. — Do que fica dito á pagina 107, é evidente que todas as aguas que penetram as rochas dissolvem certos mineraes que ali encontram. Assim acontece que as aguas, sahindo da terra, vêm carregadas de mineraes em solução, e como estes mineraes variam de um lugar para outro, as aguas variam em composição na mesma marcha e pela mesma razão. Mas é costume chamar qualquer agua empregada para o tratamento das molestias « aguas mineraes ».

No Brasil existem muitas fontes de aguas mineraes. As seguintes analyses são typicas das mais conhecidas.

ANALYSES DE TRES FONTES DE POÇOS DE CALDAS
SUL DE MINAS GERAES (1)

(Em grammas por litro)

	Pedro Botelho	Mariquinhas	Macacos
Acido sulfurico	0.0903	0.0820	0.0566
Silica	0.0180	0.0170	0.0200
Acido carbonico	0.2100	0.2195	0.2293
Chloro	0.0037	0.0039	0.0042
Cal	0.0120	0.0110	0.0110
Potassa	0.0110	0.0130	0.0165
Soda	0.2780	0.2816	0.2973
Organica e perdas	0.0120	0.0150	0.0191
Total por litro	0.6350	0.6430	0.6540

Destas analyses é claro que o ingrediente principal dessas tres aguas é o carbonato de soda. Mas as aguas de Poços de Caldas são thermaes, isto é, ellas têm uma temperatura de 41 para 46 graus centegrados, e sem duvida as suas propriedades therapeuticas dependem em parte á alta temperatura. Parece provavel tambem que essas aguas sejam radio-activas, mas por ora esse ponto ainda não foi determinado.

(1) Pedro Sanches de Lemos. *As aguas thermaes de Poços de Caldas*. Bello Horizonte, 1904.

PARTE TERCEIRA

Geologia Historica.

Quando se examina qualquer grande serie de rochas sedimentarias verifica-se geralmente que as differentes divisões da série contêm fosseis caracteristicos — os restos dos animaes e plantas que existiram no tempo em que as camadas foram depositadas.

E' tambem evidente sem discussão que quaesquer modificações que se encontram no caracter biologico dos fosseis das camadas são indicios de modificações que operaram com os animaes e plantas emquanto se effectuava a deposição das camadas.

As camadas sedimentarias tambem contêm no seu caracter, ordem e arranjo, outras evidencias sobre a natureza das aguas e correntes nas quaes fôram depositadas. Todos estes factos e quaesquer outros que elucidem a origem, arranjo, fórma e condição das camadas em questão fornecem meios de aprender a sua historia. O estudo da historia, ordem e idades relativas das rochas chama-se portanto *geologia historica*.

A historia das rochas póde ser deduzida das leis conhecidas da materia e do estudo das manifestações destas leis quando os seus effeitos se acham conservados nas proprias rochas.

Pelas considerações precedentes parecem evidentes ou satisfactoriamente estabelecidos, os seguintes factos :

I. — As rochas estratificadas ou sedimentarias têm sido depositadas debaixo d'agua (salvo depositos aeolianos e alguns de restos vegetaes) em camadas proximamente horizontaes.

II. — As camadas mais antigas fôram depositadas primeiro; as mais modernas depois e em cima daquellas.

III. — A perturbação da horizontalidade approximada e da continuidade das camadas e quaesquer alterações que ellas tenham soffrido devem ter occorrido depois da sua deposição.

IV. — Se uma localidade esteve fóra d'agua durante um tempo dado, nenhuma camada sedimentaria sub-aquosa poderia ser depositada nella durante aquelle periodo.

V. — Visto ser a crosta da terra susceptivel de elevações e depressões, a deposição de sedimentos num lugar dado é sujeita a ser interrompida pela elevação della á condição de terra firme, e não podemos portanto esperar encontrar uma deposição continua e não interrompida de sedimentos em todos os lugares, ou talvez em lugar algum.

VI. — As rochas conservam dentro de si muitos signaes evidentes das condições prevalecentes quando e onde fôram depositadas.

VII. — Os fosseis encontrados numa camada dada de sedimentos são os restos de plantas ou animaes que viveram quando as camadas fôram sendo depositadas (salvo os casos de fragmentos derivados de camadas mais antigas).

VIII. — Os periodos de apparecimento e de mudanças em faunas e floras são indicados ou suggeridos pelos fosseis.

IX. — Em muitos lugares grandes espessuras de rochas sedimentarias têm sido removidas pela erosão, e assim a historia do lugar originalmente conservada nestas rochas foi obliterada.

X. — O registro geologico é portanto imperfeito, ainda quando as condições sejam as melhores.

Assim é claro que a historia da terra, onde não está ainda obliterada pelo metamorphismo ou pela denudação, se acha registrada *na natureza e nas condições das rochas, e nos caracteres dos fosseis inclusos.*

Os fosseis e os seus usos.

Qualquer reliquia, rasto, ou impressão de planta ou de animal nas rochas chama-se fossil. São muitas vezes chamadas « petrefactas », se bem que não estejam sempre pretificados. Na geologia se empregam os fosseis para determinar as idades e posições relativas das rochas nas

quaes elles se apresentam, e tambem para determinar as condições em que se formaram as camadas que os contém. Por exemplo, os restos de animaes marinhos encontrados nas rochas mostram que fôram depositadas no mar : as fórmas caracteristicas da agua salobre são consideradas como indicativas de depositos em agua salobre : e as de agua doce como indicativas de depositos em agua doce ou sobre a terra, se bem que aconteça ás vezes serem carregadas fórmas terrestres e de agua doce para o mar e ahi depositadas. Visto ser differente a vida dos mares profundos da das aguas razas, os fosseis, ás vezes, mostram se as camadas fôram depositadas em agua funda ou raza. Póde-se dizer o mesmo de aguas frias e calidas ; climas frios e calidos ; plantas terrestres e maritimas, etc.

O valor dos fosseis vem do facto da vida sobre a terra ter mudado de um a outro periodo, e até ir mudando ainda hoje. Por exemplo, durante os ultimos seculos certos animaes têm desapparecido completamente da terra, taes como o *Dodo* da Australia, o *Dinarius casuari* de Nova Zelandia. Um exemplo original do esqueleto deste ultimo passaro acha-se actualmente no Museu Nacional do Rio de Janeiro.

A mesma coisa tem acontecido com muitas plantas e animaes. A's vezes uma planta ou um animal desapparece d'uma parte do mundo, porém continua em outra. Mudanças semelhantes se deram durante os periodos geologicos.

Aquellas plantas ou animaes que têm partes duras, ou osseas, são mais adaptaveis de conservação como fosseis, ao passo que aquellas que não têm partes duras, (como as aguas vivas, as lesmas e as algas molles), raras vezes são assim conservadas. E' tambem necessario que as condições sejam em outros respeitos favoraveis afim de que os fosseis sejam conservados depois de depositados. Acontece ás vezes que, depois de elevadas á condição de terra firme as camadas que contém fosseis, a infiltração d'agua atravez das rochas dissolve e carrega os organismos soluveis deixando as rochas privadas de fosseis.

Os depositos maritimos estão sujeitos a conter coraes, ossos, dentes e escamas de peixes e reptis, conchas de molluscos, e as partes duras de crinoides, de crustaceos e de qualquer outro animal que vive no mar.

Depositos terrestres. — Os animaes e plantas terrestres, salvo o caso de cahirem n'agua ou lama onde pódem ser enterrados e conservados, geralmente apodrecem e desapparecem. A's vezes, porém, cahem em lagos onde ficam enterrados nos sedimentos : ou crescem em pantanos turfosos onde algumas partes ficam conservadas na turfa, ou são carregadas por cursos d'agua e depositadas nos deltas, onde descem para o fundo para ser enterradas nos sedimentos. Taes depositos podem conter impressões de plantas terrestres e de agua doce, folhas, cascas e fructas, rastos de insectos, passaros, amphibios e de outros animaes.

Não é raro encontrar, especialmente em regiões de rochas calcareas, as aguas tão carregadas de saes calcareos que formam depositos envolvendo folhas, frutas, e qualquer outras cousas que nellas cahem, assim produzindo putrefacções calcareas. Este facto se dá nas areas de rochas calcareas do estado da Bahia, e foi notado na vizinhança de Miranda no estado de Matto Grosso por Dr. Lisboa (1).

Entre os depositos terrestres deve-se contar os feitos em cavernas onde se acham ás vezes conservados pela formação acima delles de capas estalactiticas de carbonato de cal ; ou enterrados em outras accumulações formadas sobre o chão das cavernas.

Valores relativos de fosseis. — Nem todos os fosseis são egualmente valiosos para a determinação das idades das rochas. Isto é devido ao facto que certos animaes têm existido desde as primeiras epochas da historia da terra até a actual, e portanto os seus restos nenhum indicio offerecem da idade das camadas nas quaes se encontram. Alguns dos protozoarios, esponjas e *Lingulas* (brachiopodes) encontram-se assim em rochas de todas as idades. Alguns organismos são de distribuição tão limitada que relativamente pouco valor offerecem para fins paleontologicos por causa da sua raridade. Isto tambem acontece com certas formas altamente desenvolvidas e especialisadas.

---

(1) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo ; Sul de Matto Grosso*, pag. 44. Rio de Janeiro, 1910.

A columna geologica.

Se as rochas da crosta da terra tivessem sido depositadas numa serie não interrompida desde os tempos primitivos até os ultimos, teriamos conservada nellas a historia geologica continua e completa e esta serie constituiria a columna geologica. Não se encontra, porém, uma tal serie em nenhuma localidade, se bem que haja lugares onde se apresentem diversas divisões da serie. Comquanto não exista num só lugar uma secção geologica completa, os geologos reunem theoricamente os representantes das rochas depositadas atravez de toda a historia da terra para formar a *columna geologica*, isto é, uma collecção completa das rochas da crosta da terra arranjadas na ordem da sua formação ou idade. Se bem que esta columna seja apenas hypothetica, certas camadas são consideradas como typicas.

Correlação, — Nas primeiras tentativas para correlacionar estratos ou para determinar os equivalentes de um grupo de camadas num lugar com outro grupo em outro lugar, procurou-se fazer uso de caracteres lithologicos, côr, composição mineralogica e a ordem das camadas para esta correlação ou identificação. Achou-se, porém, logo que não se podia contar com os caracteres lithologicos porque os calcareos, os arenitos, as argillas, os conglomerados e as rochas eruptivas formaram-se, e ainda se fórmam, contemporaneamente. O resultado é que um estrato que em um lugar é um calcareo passa a ser a alguns kilometros de distancia, arenito ou folhelho, ou passa a ser um tufo : e isto póde acontecer tanto com as rochas mais antigas como com as mais modernas.

A côr. — Do mesmo modo tem-se tentado empregar a côr das rochas para identifical-as, e alguns nomes, baseados na côr, como « velho arenito vermelho » e « novo arenito vermelho », têm sido muito empregados, e ainda hoje persiste, em escala limitada, este uso. A côr por si só, porém, é de pouca importancia, salvo localmente, porque a mesma côr é muitas vezes repetida em rochas de idades muito

differentes, e uma camada póde ter uma côr numa localidade e outra n'outra.

Conteúdo mineral. — Tem-se recorrido tambem ao conteúdo mineral no intuito de correlacionar camadas. Em alguns casos e dentro de areas limitadas sómente, esta, como as outras tentativas acima mencionadas, é bem succedida. O carvão, por exemplo, em certas partes do mundo só se encontra em rochas da idade carbonifera. Porém fóra destes limites determinados isto deixa de ser verdade, porque o carvão não se acha limitado exclusivamente ás rochas carboniferas, mas se apresenta nas de todas as idades desde a devoniana até a terciaria. Podia-se citar muitos outros casos semelhantes.

A ordem das camadas. — A ordem em que as camadas se succedem tambem é constante sómente dentro de areas limitadas. Frequentemente acontece que as camadas mais novas, em lugar de jazerem sobre as immediatamente anteriores, jazem sobre outras muito mais antigas, ou mesmo sobre as mais antigas de todas. Em taes casos algumas das camadas faltam na serie, de modo que a secção num lugar não é sempre semelhante à de um outro lugar.

Além da impossibilidade de correlacionar camadas pelos meios acima referidos, as difficuldades de correlação acham-se augmentadas por elevação differencial, dobramento, subversão, metamorphismo, falhas, e pela erosão das camadas.

Emprego de fosseis para correlação. — Póde-se ás vezes estabelecer a correlação seguindo as camadas ao longo dos seus afloramentos de um lugar para outro. Isto, porém, nem sempre é conveniente ou possivel. Os fosseis fornecem o unico meio seguro para a correlação de rochas de differentes areas, regiões, e paizes, e em partes muito afastadas do mundo. Isto é porque os fosseis representam as fórmas animadas dos periodos nos quaes as camadas fôram depositadas. Pela maior parte cada periodo tem tido as suas fórmas proprias, mas como as faunas e flóras têm mudado, ellas têm-se approximado cada vez mais intimamente da vida presente do globo.

Isto é especialmente importante quando considerado em connexão com o facto que em todos os paizes tem havido a mesma ordem geral de successão no desenvolvimento das fórmas animadas. Portanto a identidade nos fosseis é acceita pelos geologos como indicando *proximamente a mesma idade geologica.*

O valor dos fosseis. — O valor biologico dos fosseis provém da informação que fornecem relativamente ao desenvolvimento da vida sobre a terra. E, constituindo os fosseis o criterio pelo qual as rochas se classificam historicamente, fornecem os meios para determinar as idades das rochas fossiliferas onde se apresentam; mas tão sómente pela sua referencia á columna geologica, — a secção typica. Acontece frequentemente que, dentro de uma região dada, certos mineraes de valor economico acham-se limitados a rochas de uma determinada idade. Neste caso torna-se importante saber se uma determinada camada fica acima ou abaixo do horizonte mineralifero, e saber em que rumo se deve ir para encontrar os depositos mineraes. Nas regiões de rochas dobradas ou falhadas, especialmente quando se trata de grandes areas desnudadas, os fosseis se tornam ainda mais importantes.

A tabella seguinte dá os nomes acceitos para as divisões e subdivisões das rochas e as fórmas predominantes da vida existente em cada periodo. Esta forma a columna geologica.

As grandes divisões e a ordem d'ellas são as mesmas para todo o mundo, mas empregam-se por toda a parte nomes locaes para as subdivisões. Nesta tabella, por exemplo, nota-se que os nomes empregados no Brasil são nomes brasileiros.

Nota-se tambem que certos periodos, como por exemplo o cambriano, ainda não fôram reconhecidos no Brasil. Se as camadas cambrianas existem aqui não se póde dizer com certeza por ora pela razão de que é difficil ou impossivel reconhecer ou coordenar depositos que não têm fosseis. O mesmo póde-se dizer a respeito de outras divisões da columna geologica no Brasil.

A COLUMNA GEOLOGICA

VIDA CARACTERISTICA	PERIODO	SYSTEMA	DIVISÕES N. AMERICANAS	EQUIVALENTES BRASILEIRAS
Homem.	Psychozoico.	Recente.	Recente.	Recifes de arenito e de coral.
		Pleistoceno.	Plioceno ou Quaternario.	Camadas com mastodonte ; pratas elevadas.
Mammiferos.	Cenozoico.	Terciario.	Pliocena.	Bacias de agua doce em S. Paulo, Minas, Rio.
			Miocena. Oligocena. Eocena.	Riacho Doce, Alagoas; Olinda, Maria Farinha, Itamaraca, Ponto de Pedra, Pernambuco.
Reptis.	Mesozoico.	Cretaceo.	Superior.	Parahyba do Norte, Sergipe. Pará ?
			Inferior.	Ceará, Sergipe, Acre, Bahia.
		Jurassico.	Superior.	Eruptivos da Serra Geral, arenito de Botucatú.
			Media.	
			Inferior.	
		Triassico.	Superior.	S. Bento em parte, Bacias do Paraná e Uruguay.
			Media.	
			Inferior.	
Acrogeneos. Amphibios.		Carbonifero.	Permiana.	Passa Dois e Tubarão, Rio Gr. do Sul, Santa Catharina, Paraná, S. Paulo, Estancia da Bahia e Sergipe.
			Coal Measures.	Lavras ?
			Carbonifera, inferior.	Itaituba Pará, Paraguassu ?
Peixes.	Paleozoico.	Devoniano.	Devoniana superior.	
			Onondoga. Hamilton.	Ererê Pará. Chapada, Matto Grosso. } Caboclo ?
			Oriskany. Cornifera. Helderberg inferior.	Maecurú Pará. Paraná. } Caboclo ?
Invertebrados		Siluriano. (Siluriano superior).	Salina.	Tombador ? Bacia de São Francisco, Bahia.
			Niagara.	Trombetas Pará.
		Ordoviciano. (Siluriano inferior).	Trenton: Canadiana.	Serie Jacobina ?
		Cambriano.	Saratogan. Acadian. Ocoee.	
Nenhum.	Eozoico. Azoico.	Archeano.	Huroniana. Laurentiano.	Complexo brasileiro da Serra do Mar, Bahia, etc.

Significação das côres nos mappas geologicos. — As côres empregadas por geologos nos mappas para mostrar a distribuição das diversas camadas ou formações nada tem com as côres das proprias rochas. Cada uma côr geralmente está limitada á area de uma cérta formação, certa camada, ou serie de camadas. Tambem não ha uniformidade no emprego das côres; um geologo póde servir-se de certas côres para uma serie de rochas quando outro póde empregar côres differentes para a mesma serie. E o mesmo geologo ás vezes serve-se de uma côr para uma serie, e depois passa a servir-se d'aquella côr para outra formação. Todos os mappas porèm devem trazer, sem falta, as dividas explicações das côres empregadas e nestas explicações a côr de cada uma formação deve estar no seu proprio lugar, isto é, as rochas mais antigas devem ser representadas em baixo e as mais recentes em cima.

O congresso internacional de geologos formulou certas regras sobre este assumpto, e em geral os geologos do mundo servem-se daquellas regras (1).

Ao mesmo tempo cada um tem a liberdade de formular as regras que lhe convierem.

Periodo archeano.

O archeano é tambem chamado, ás vezes, agnotozoico (vida desconhecida), ou azoico (sem vida), porque não se tem encontrado fosseis nas rochas desta idade. Não se segue, porem, que a falta de fosseis prove a ausencia de vida no periodo em que se formaram as rochas archeanas. Ha os seguintes motivos para inferir que havia vida sobre a terra nos tempos archeanos.

I. — As rochas immediatamente sobrepostas, — o cambriano, — contêm evidencias abundantes de vida, e esta vida é tão altamente or-

---

(1) *The work of the International Congress of Geologists and of its committees.* Published by the American Committee, 109 pag., 1886.

Bailey Willis. *Index to the stratigraphy of North America.* Professional Paper 71. U. S. *Geological Survey*, pags. 21-30. Washington, 1912.

ganizada que parece rasoavel suppor que tivesse antepassados num periodo anterior.

II. — Existem calcareos (marmores) entre as rochas archeanas e sendo os calcareos, pela maior parte, de origem organica, não é impossivel que estas camadas, se tivessem originado de modo semelhante.

III. — Existem minereos de ferro entre as rochas archeanas. Alguns minereos de ferro fôram accumulados no solo e nas rochas por intermedio de acidos organicos em lagunas e pantanos. E' possivel que alguns dos nossos minereos de ferro estratificados do archeano tenham-se originado desta maneira.

IV. — Encontra-se graphite nas rochas archeanas e este mineral, conforme suppõem muitos geologos, é originario de plantas, tendo chegado á condição graphitica pelo metamorphismo.

V. — A apatite, um mineral phosphatico, abundante nas rochas archeanas, póde em alguns casos ser uma fórma metamorphoseada de uma rocha phosphatica de origem organica.

VI. — Ha tambem evidencia presumptiva que as plantas precederam os animaes em seu apparecimento sobre a terra, visto que muitos animaes vivem das plantas, e por isso mesmo parece provavel que houvesse plantas de uma idade anterior áquella em que se encontram os primeiros restos de animaes. Demais, se, conforme se presume, as aguas dos primeiros mares eram quentes, a sua temperatura elevada não seria desfavoravel para certas fórmas baixas de plantas.

O tempo archeano divide-se em tres periodos como se segue:

I. — O periodo de um globo fundido quando a temperatura era demasiado elevada para admittir a existencia de vida.

II. — O periodo do resfriamento da crosta. Durante este periodo se suppunha que os vapores em redor da terra se resfriaram ao ponto de cobrir a terra com agua. Se qualquer parte da crosta ficou acima da agua devia ter começado nella a acção de erosão.

III. — Durante o terceiro periodo a temperatura abaixou ao ponto de admittir a existencia das fórmas mais baixas de vegetação. Foi este o inicio da vida sobre o globo.

As rochas do periodo archeano são as mais antigas conhecidas —

as mais baixas que nos são accessiveis. Fórmam, portanto, o nucleo, ou ou base, sobre a qual descançam as rochas dos periodos subsequentes.

Como esta serie de rochas cobre uma area enorme deste continente, especialmente no Brasil, proponho o nome *complexo brasileiro* para esta serie.

Distribuição do archeano na America do Sul. — Na America do Sul as rochas archeanas encontram-se ao longo de uma cinta mais ou menos quebrada na costa occidental desde a Terra do Fogo até o Isthmo de Panamá. Fórmam tambem grande parte das terras altas da Goyana e do Brasil septentrional, e uma grande parte do planalto brasileiro ao sul do Amazonas.

As rochas archeanas do Brasil, são geralmente massiças e crystallinas. Na vizinhança do Rio de Janeiro algumas são granitos massiços, algumas são gneiss, e outras de estructura schistosa. Em muitos lugares são cortadas por diques de pegmatito. Por toda a parte, no Brasil, as rochas archeanas contêm diques, falhas e vieiros. Na região da Serra do Mar, porém, ellas não são tão amarrotadas como no norte do Brasil.

Parece impossivel fazer uma linha de demarcação entre os granitos, os gneiss, e os schistos do complexo brasileiro. Tal demarcação é especialmente difficil quando as rochas são mais ou menos decompostas. Em geral, a schistosidade apparenta maior desenvolvimento com a progressiva decomposição do gneiss. Assim acontece que um gneiss decomposto quasi sempre parece um schisto molle. Na base occidental do morro da Urca, na cidade do Rio de Janeiro, perto do Ministerio da Agricultura, ha afloramentos de granito, de gneiss e de schistos crystallinos, todos mais ou menos amarrotados, falhados, e cortados por diques de pegmatito, e tudo isso num espaço de poucos metros. São apenas diversos aspectos da mesma rocha (1).

Fallando da geologia do norte do Brasil Dr. G. A. Waring diz que « não é possivel distinguir entre os granitos, os gneiss e os schistos crystallinos (2).

(1) Sobre a geologia do districto federal vêde o estudo de Alberto Paes Leme. Rio de Janeiro 1910, 8°, 20 paginas.

(2) Carta particular, 23 de Maio de 1912.

Crandall crê que os schistos crystallinos do Ceará são mais antigos que os granitos daquelle estado, porem as provas das idades relativas dessas rochas ainda faltam.

Antigamente os geologos norte americanos dividiram o archeano em « laurenciano » em baixo e « huroniano » em cima, e na primeira divisão Dr. J. W. Dawson, distincto geologo canadaense, julgou ter achado fosseis de um animal extincto a que elle chamou *Eozoon canadaense*. Mais tarde numa rocha de Alagoas perto das caxoeiras de Paulo Affonso, Derby achou uma amostra calcarea de que Dr. Dawson diz : « não tenho duvida de que este calcareo é da epocha laurenciana, e em parte composto de Eozoon, e julgo provavel que pesquizas mais prolongadas poderão descobrir nelle massas inteiras do fossil » (1).

Hoje, porém, o *Eozoon* não está geralmente acceito como resto de organismo. Na America do Norte os geologos reconhecem uma serie chamada « algonkiana » sobreposta á archeana, mas por falta de estudos, ainda não foi possivel nem fazer divisões do archeano, nem mesmo definir claramente o proprio archeano no Brasil.

O facto de não se ter encontrado fosseis nas rochas antigas que formam os planaltos de Minas Geraes e Goyaz difficulta a determinação dos periodos a que pertencem as rochas mais antigas dessas regiões. Parece provavel serem archeanos os gneiss granitoides da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira como tambem algumas das rochas que os acompanham. Estas rochas do complexo brasileiro se estendem desde a republica do Uruguay atravez do estado do Rio Grande do Sul, ficando reduzidas a uma zona estreita ao longo do littoral nos estados de Santa Catharina, Paraná e S. Paulo, para depois se alargarem ao ponto de occupar em grande parte das do Rio de Janeiro, Espirito Santo, Minas Geraes, Goyaz e Bahia. Apparecem tambem no interior dos estados de Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Parahyba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauhy, Maranhão, Pará, Amazonas e Matto Grosso. Na figura 127 se mostra de um modo geral a distribuição destas rochas no Brasil, devendo-se, porém, notar que, devido á impossibilidade de as separar das

(1) *Revista de Engenharia*. Rio de Janeiro, 1880, II, 115-116; *American Journal of Science*, XIX, 324-325, abril 1880.

Fig. 127. — Esboço mostrando em branco as áreas principaes de rochas archeanas na America do Sul.

rochas das duas divisões subsequentes, as areas são demasiado grandes, e que sobre uma grande parte da area amazonica e central ellas se acham cobertas por depositos mais modernos de modo á só apparecerem nos fundos dos valles.

As feições estructuraes do archeano no Brasil ainda não forão estu-

Fig. 128. — Esboço do nordeste do Brasil mostrando a direcção das serras de rochas crystallinas e a da foliação dos gneiss. *(Waring.)*

dadas, e as poucas notas que existem estão espalhadas pela literatura da geologia do paiz.

As unicas que abrangem uma area consideravel são as do Dr. G. A. Waring tomadas no norte do Brasil e indicadas no esboço junto. Disse Dr. Waring (1) que « o rumo ou direcção da foliação dos gneiss notado no nordeste do Brasil é geralmente e. w. na parte sudeste da

(1) Carta particular, 29 de julho de 1911.

região examinada, mas entre as villas de Saboeiro e Tauá o rumo muda-se progressivamente de e. w. ao norte-sul, e continua com este rumo até á nossa ultima observação para o oeste. Na região do Apody e Jardim de Seridó e de Pau dos Ferros os rumos são mais irregulares. A inclinação ou pendor da foliação do gneiss no maior numero dos lugares é vertical, mas ha lugares onde as rochas são amarrotadas tanto que o pendor é quasi horizontal ».

Depositos economicos do archeano. — Nos outros continentes as rochas archeanas contêm grandes massas de minereos de ferro, graphite, marmore e apatite. E' provavel que alguns dos depositos de ferro e de manganez do Brasil pertençam ao archeano, mas a sua idade não foi ainda satisfactoriamente determinada.

Os depositos de ferro no estado de Minas Geraes são hoje os mais importantes do mundo. São semelhantes a quasi todos os respeitos aos da America do Norte, e talvez da mesma idade geologica, quer dizer precambriana (1). Em alguns lugares esses depositos de ferro têm uma espessura de seiscentos metros e contêm sessenta e cinco por cento ou mais de ferro metallico.

As rochas da Serra do Mar produzem granadas e mineraes de metamorphismo, alguns de valor commercial (2).

E' possivel que a este pertençam os depositos em que se acham as minas de ouro dos estados de Espirito Santo, Minas Geraes, S. Paulo, Goyaz, e de outras partes do Brasil.

São conhecidos depositos de marmore nos estados do Rio de Janeiro, Minas Geraes, S. Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Pernambuco perto de Aguas Bellas, Bahia perto de Joazeiro, no Rio Grande do Norte, no Ceará perto da estação de Agarape, e em Goyaz, que são provavelmente da idade archeana.

---

(1) Leith and Harder. *Hematite ores of Brazil. Economic Geology*, VI, 670-686, nov. 1911.

(2) Francisco de Paula Oliveira. *Subsidios ao estudo da geologia do Brasil*, p. 10. Rio de Janeiro, 1907.

Periodo paleozoico.

CAMBRIANO

O nome cambriano foi dado a certas camadas da Gran-Bretanha, e tem sido applicado ás rochas do mesmo periodo nas outras partes do globo.

Não se conhece com certeza planta alguma do cambriano, mas se infere que deviam ter existido plantas para fornecer alimento para a vida animal abundante daquelle periodo. Os animaes conhecidos são esponjas, hydrozoarios, vermes, echinoides, trilobitas, gasteropodes, lamellibrachios, brachiopodes e cephalopodes.

Rocha alguma brasileira é positivamente verificada como pertencendo á idade cambriana porque aqui ainda não se acharão fosseis cambrianos, mas é possivel que sejam deste periodo uma parte das rochas do planalto do Brasil incluindo as que contêm os depositos de ouro, ferro e manganez (em parte) de Minas Geraes, Bahia e Goyaz, bem como os sedimentos metamorphoseados de grande parte do interior da Bahia, Sergipe, Alogôas, Pernambuco e outros dos estados septentrionaes do Brasil. E' possivel que tambem pertençam aqui os calcareos de Corumbá em Matto Grosso e parte dos de S. Paulo e Paraná, bem como aquelles de Acarape no Ceará, de Pernambuco e Alagôas de Rio Grande do Norte e da Bahia.

Parece possivel tambem que aqui devem ser classificados os quartzitos e schistos da serra de Jacobina no estado da Bahia (1) que têm uma espessura de mil metros ou mais.

Ordoviciano ou siluriano inferior. — Os fosseis do ordoviciano mostram um adiantamento notavel na vida deste periodo sobre a do cambriano. Fôram especialmente abundantes os graptolites e trilobites; abundaram tambem os cephalopodes e coraes; os molluscos e bivalvos e os gasteropodes augmentaram grandemente em tamanho e

(1) Serra de Jacobina. *American Journal of Science*, dec. 1910, pags. 385-392.

numero, e as centopeias, os primeiros animaes terrestres conhecidos, se encontram fossilisadas nas rochas ordovicianas. Os mais antigos animaes vertebrados conhecidos — os peixes — são da divisão Trenton do ordoviciano da America do Norte (1).

Na America do Norte o petroleo de Ohio e Indiana provem das rochas ordovicianas: em alguns estados encontra-se nestas rochas minerio de chumbo e em outras abunda o marmore.

No Brasil acontece que, devido á apparente ausencia de fosseis, nenhuma das rochas tem sido identificada como ordoviciana, mas é bem provavel que aqui pertençam algumas das camadas metamorphoseadas do interior do paiz. Parece tambem possivel que as camadas do Trombetas mencionadas abaixo terão de ser correlacionadas com a parte superior do ordoviciano e com a inferior do siluriano.

Siluriano ou Siluriano superior.

As rochas silurianas contêm como fosseis abundantes bryozoarios e brachiopodes: os pteropodes são abundantemente representados mas são menores do que os do tempo ordoviciano: os graptolites e os trilobites fôram menos abundantes do que no periodo anterior: os crinoides fôram mais abundantes: e havia tambem algumas plantas, insectos e tubarões.

A natureza dos fosseis suggere mares temperados tepidos, e a occorrencia de extensas camadas de sal nativo no estado de Nova York e no Canadá mostra que o clima devia ter sido arido nestas partes do continente norte americano durante os tempos silurianos — um clima bem differente do actual

Nas rochas silurianas se apresentam as camadas de minerio de ferro da região montanhosa appalachiana, e as grandes camadas de sal, gesso e cimento de Nova York e Canadá.

No Brasil se conhecem rochas silurianas no lado de norte do valle

(1) *Bul. Geol. Soc. Amer*, III, pags. 153-172.

do Amazonas (1). Jazem sobre granitos e quartzitos que se suppunha ser de idade archeana desde proximo ao Rio Jary, ao norte de Almeirim, ao longo de uma zona que corre para o oeste cruzando o Rio Uatumá ao nordeste de Manáos.

Subindo o rio Negro de Manáus e subindo depois o rio Branco durante o tempo de aguas baixas, Dr. R. Crandall achou arenitos e schistos quasi até á zona das caxoeiras do rio Branco, e mesmo nas caxoeiras achou conglomerados. Elle é da opinião que o canal do rio Branco foi cortado nestas rochas sedimentarias, talvez da idade siluriana, e que só nas caxoeiras o rio chegou a expor os granitos.

Tem-se encontrado fosseis nestas rochas nas cachoeiras dos rios Trombetas, Curuá e Maecurú. As rochas são sedimentos maritimos que se inclinam ligeiramente para o sul e os seus fosseis são os mais antigos até agora conhecidos no Brasil (2). Parecem ser equivalentes aos das camadas Niagara da America do Norte, mas são tambem intimamente relacionadas com a parte superior do ordoviciano e é possivel que devam ser correlacionadas tanto com o Trenton como com o Niagara da America do Norte. No rio Trombetas as rochas silurianas fórmam uma zona da largura de seis a oito kilometros exposta na primeira e parte da segunda cachoeira. São tambem bem expostas no oiteiro do Cachorro na margem do pequeno rio deste nome logo acima da sua confluencia com o Trombetas. A parte inferior deste morro consiste de felsito tendo em cima um paredão de camadas silurianas.

Na parte inferior da segunda cachoeira (Vira-Mundo) as camadas silurianas jazem sobre syenito e se inclinam cinco graus para o susudoeste. Calcula-se a espessura total das rochas silurianas neste lugar em cerca de trezentos metros. As rochas são, pela maior parte, arenitos em camadas delgadas. Parecem representar um intervallo entre a parte superior de Trenton e a inferior do Niagara da secção norte americana. Os fosseis do Trombetas que indicam relações com a fauna de Trenton são:

---

(1) O. A. Derby. *Contribuição para a geologia da região do baixo Amazonas.* Archivos do Museu Nacional, II, 77-104. Rio de Janeiro, 1877.

(2) John M. Clarke. *A fauna siluriana superior do rio Trombetas.* Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro, 1897-99, X, pags. 1-18.

Orthis freitana, *O smithi*, *Anodontopsis putilla*, *A austrina*, *Tellinomya pulchella*, *T. subrecta*, *Clidophorus brasiliensis*, *Primatia minuta*. Os que suggerem uma equivalencia com o Niagara ou a parte inferior do Siluriano são : *Lingulops derbyi*, *Orthis callactis*, *var amazonica*, *Chonetes sp.*, *Anabaia paraia*, *Bucaniella trilobata var brasiliensis*, *Tentaculites sp.*, *Conularia amazonica*, *Bollia lata*. Ha rochas

Fig. 129. — Paredão de calcareo siluriano (?) em Bom Jesus da Lapa, Rio S. Francisco. *(Wells.)*

sedimentarias no rio Urubú, a nordeste de Manáus (1), mas não se conhece a sua idade que póde ser siluriana ou talvez devoniana ou mesmo mais moderna.

Não se tem reconhecido com certeza rochas silurianas no lado sul do valle do Amazonas nas immediações do rio.

Em Bom Jesus da Lapa sobre o rio S. Francisco, Derby achou coraes fosseis (*Favosites e Chetetes*) que elle considera como provavelmente de idade siluriana (2).

---

(1) João Barbosa Rodrigues. *Relatorio sobre os rios Urubu e Jatapú*, pags. 29-33. Rio de Janeiro, 1875.

(2) Archivos do Museu Nacional, IX, p. 72.

No anno 1909 Sr. Guilherme Lane tambem achou em Bom Jesus da Lapa coraes fosseis.

Uma serie de arenitos e quartzitos que fórmam o paredão da serra

Fig. 130. — Secção mostrando a estructura entre a serra do Tombador e Jacobina, estado da Bahia.

do Tombador trinta kilometros ao oeste de Jacobina e as escarpas das serras do Mulato e do Encaibro ao longo do Rio S. Francisco está tentativamente referida por Branner, á idade siluriana. Até agora porém fosseis não forão descobertos nessas camadas, e por conseguinte a idade não está definitivamente determinada (1). O arenito do Tom-

Fig. 131. — Paredão da serra do Tombador numa altitude de 780 metros e trinta kilometros ao oeste de Jacobina. O arenito do Tombador forma o cume e escarpa da serra.

bador tem a espessura maxima de 400 metros na vizinhança de Jusseape no interior da Bahia.

A estampa junta apresenta figuras de alguns dos fosseis mais característicos da idade siluriana encontrados até agora no Brasil.

50 *a*, 50 *b* e 50 *c*. *Anabia paraia* Clarke. Tres vistas de um molde interno de ambas as valvas mostrando a sua convexidade relativa: augmentadas duas vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

51. *Orthis* (*Dalmanella*) *freitana* Clarke. O processo cardinal e as lamellas crúraes: augmentadas tres vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

---

(1) J. C. Branner. *The Tombador escorpment in the state of Bahia. Amer. Journ. Science*, november 1910, 335-343.

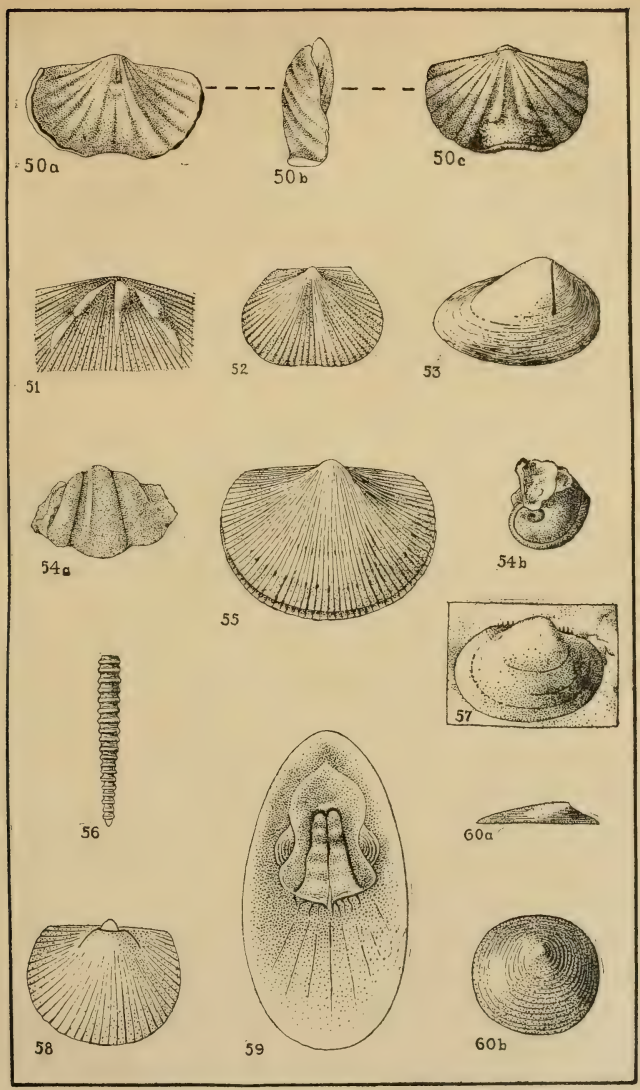


Fig. 132. — Fosseis brasileiros silurianos caracteristicos.

52. *Orthis* (*Dalmanella*) *smithi* Clarke. O exterior de uma valva brachial: augmentada duas vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

53. *Clidophorus brasilianus* Clarke. Molde interno de uma valva direita: augmentada tres vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

54 *a* e 54 *b*. *Bucaniella trilobata*, var. *vira-mundo* Clarke. Duas vistas do individuo maior e mais bem conservado. Rio Trombetas, estado do Pará.

55. *Orthis* (*Dalmanella*) *freitana* Clarke. Uma grande valva pedicular. Rio Trombetas, estado do Pará.

56. *Tentaculites trombetensis* Clarke. O exterior: augmentada tres vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

57. *Tellinomya subrecta* Clarke. Um molde interno mostrando o contorno da especie e as poucas crenulações da charneira: augmentada tres vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

58. *Orthis* (*Dalmanella*) *smithi* Clarke. Um molde interno da valva pedicular: augmentada tres vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

59. *Lingulops derbyi* Clarke. O interior da valva mostrando as divisões da plataforma, as impressões musculares e as impressões vasculares. Desenhada de uma impressão de um molde interno e augmentada vinte vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

60 *a* e 60 *b*. *Orbiculoidea harttii* Clarke. Uma valva brachial vista do apice e em perfil: augmentada tres vezes. Rio Trombetas, estado do Pará.

A seguinte é uma lista completa dos fosseis silurianos identificados no Brasil (1).

PLANTAS

Arthrophycus harlani Conrad.

BRACHIOPODA

Lingula, sp. (compara-se *L. oblata* Hall).
Lingulops derbyi Clarke.
Orbiculoidea hartti Clarke.
Pholidops trombetana Clarke.
Orthis callactis Dalman, var. *amazonica* Clarke.
» (*Dalmanella*) *freitana* Clarke.
» » *smithi* Clarke.
Chonetes sp. (compara-se *C nova-scotica* Hall.)
Anabaia paraia Clarke.

(1) John M. Clarke. *Fauna Siluriana Superior do Rio Trombetas*. Archivos do Museu Nacional, X, 1-48. Rio de Janeiro, 1899.

PELECYPODA

Anodontopsis cutilla Clarke.
» *austrina* Clarke.
Tellinomya pulchella Clarke.
» *subrecta* Clarke.
Clidophorus brasilianus Clarke.

GASTEROPODA

Bucanella trilobata Conrad, var. *vira-mundo* Clarke.
Murchisonia, sp.

PTEROPODA

Tentaculites trombetensis Clarke.
Conularia amazonica Clarke.

CEPHALOPODA

Orthoceras, sp.
Cyrtoceras ? sp.

CRUSTACEA

Primitia minuta Eichwald.
Bollia lata Vanuxem (Conrad), var. *brasiliensis* Clarke.

SYSTEMA DEVONIANO

Os fosseis mais abundantes das rochas devonianas são os brachiopodes. Os coraes tambem são abundantes e grandes. Os peixes dos tempos devonianos fôram notaveis pelo seu tamanho e numero, sendo alguns encontrados na America do Norte de seis metros de comprimento e de dois metros de largura atravez da cabeça. A vida vegetal tambem era muito abundante, tanto que se encontram ás vezes delgadas camadas de carvão nas rochas devonianas. Encontram-se tambem os primeiros amphibios conhecidos nas rochas de idade devoniana.

Na America do Norte as rochas devonianas produzem petroleo e gaz natural em grandes quantidades, e abundam tambem em rochas desta idade valiosos depositos de phosphatos e de calcareo hydraulico.

No Brasil as rochas de idade devoniana jazem por cima das camadas silurianas ao longo do lado septentrional do valle do Amazonas desde um ponto ao norte de Almeirim para oeste até o Rio Uatumá, pequeno rio entre os rios Trombetas e Negro. Tem-se encontrado fosseis nestas rochas ao redor da povoação de Ereré e nas margens dos rios Maecurú e Curuá. As rochas fossiliferas são de arenito graudo, branco e amarellado tendo no Maecurú e Curuá a espessura de dez metros e a inclinação de cinco graus para o susudoeste. Acham-se associados com camadas mais possantes de folhelhos argillosos pretos e avermelhados contendo algas fosseis, tendo a formação a espessura total de uns duzentos metros pelo menos. Alguns dos leitos de arenito são duros, outros friaveis e muito fossiliferos. Em Ereré as camadas devonianas têm a espessura de cerca de sessenta metros e são cortadas por diques de rocha eruptiva (diabase). Não são conhecidas nas terras baixas em redor de Manáus e Borba, mas apresentam-se no lado sul do Amazonas no Rio Mauéassú ao sul de Laranjal, e no Tapajós ao sul de Itaituba. Deste lugar ellas têm a orientação para o nordeste e provavelmente cruzam o Xingú perto de Niry. A leste do Xingú a sua extensão não tem sido determinada (1).

Os fosseis reconhecidos nas camadas devonianas da região amazonica são os seguintes (2).

PLANTAS

	Maecurú	Curuá	Ereré
Spirophyton typum Hall	.....	X	.....
Protosalvinia brasiliensis Dawson	.....	X	.....
Protosalvinia bilobata Dawson	.....	X	.....

BRYOZOA

Fenestella parallela Hall	.....	X	.....
Reptaria stolonifera Rolle	X	.....	.....
Chaetetes sp.	X	.....	.....

(1) Orville A. Derby. *Contribuição para a geologia do baixo Amazonas.* Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro, II, pags. 77-101, 1878 : Proceedings of the American Philosophical Society, XVIII, pags. 155-178, 1879.

(2) John M. Clarke. *Molluscos devonianos do estado do Pará, Brasil.* Archivos do Museu Nacional, X, pags. 49-139. Rio de Janeiro, 1899.

John M. Clarke. *As trilobitas do grez de Ereré e Maecurú. Revista do Museu Nacional,* I, pags. 1-54. Rio de Janeiro, 1896.

BRACHIOPODA

	Maccurú	Curuá	Ereré
Productella maecuruensis Rathbun	X	.....	.....
Chonetes comstocki Hartt	X	.....	X
Chonetes freitasi Rathbun	X	X	?
Chonetes curuaesis Rathbun	?	.....	.....
Orthis nettoana Rathbun	X	.....	?
Orthis hartti Rathbun	X	.....	.....
Streptorhynchus (Orthethetes) agassizi Hartt	X	.....	X
Strophodonta perplana Conrad	X	X	.....
Spirifer duodenarius Hall	X	.....	.....
Spirifer derbyi Rathbun	X	.....	.....
Spirifer pedroanus Hartt	X	X	X
Spirifer buarquianus Rathbun	X	.....	.....
Spirifer hartti Rathbun	X	.....	.....
Retzia jamesiana Hartt	X	.....	X
Retzia wardiana Hartt	X	X	X
Rhynchonella dotis Hall	?	.....	X
Amphigenia elongata Hall	X	X	.....
Terebratula derbyana Hartt	X	.....	.....
Terebratula rathbuni Clarke	.....	X	X
Tropidoleptus carinatus Conrad	X	X	X
Vitulina pustulosa Hall	X	X	X
Orbiculoidea lodensis Vanuxem	.....	.....	X
Lingula spatulata Vanuxem (?)	.....	.....	X
Lingula stauntoniana Rathbun	.....	.....	X
Lingula graçana Rathbun	.....	.....	X
Lingula rodriguezi Rathbun	.....	.....	X

LAMELLIBRANCHIOS

Actinopteria eschwegei Clarke	X	X	.....
Actinopteria humboldti Clarke	X	.....	.....
Liopteria browni Clarke	X	.....	.....
Liopteria sawkinsi Clarke	.....	X	.....
Modiomorpha helmreicheni Clarke	X	.....	.....
Modiomorpha sellowi Clarke	X	.....	.....
Modiomorpha pimentana Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Goniophora woodwardi Clarke	.....	.....	X
Tœchomya freitasi Clarke	X	.....	.....
Tœchomya rathbuni Clarke	X	.....	.....
Sphenotus gorceixi Clarke	.....	.....	X
Sphenotus bodenbenderi Clarke	X	.....	.....
Cimitaria karsteni Clarke	X	.....	.....

	Maecurú	Curuá	Ererê
Cimitaria sp.	X	.....	.....
Guerangeria, (ou *Nyassa) ortoni* Clarke	X	.....	.....
Cypricardella hartti Clarke	X	.....	.....
Cypricardella pohli Clarke	X	.....	.....
Grammysia pissisi Clarke	X	.....	.....
Crammysia burmeisteri Clarke	X	.....	.....
Grammysia lundi Clarke	X	.....	.....
Grammysia gardneri Clarke	X	.....	.....
Grammysia ulrichi Clarke	.....	.....	X
Pholadella parallela Hall	.....	.....	X
Edmondia sylvana Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Nucula bellistriata Conrad, var. *parvula* Clarke	X	.....	.....
Nucula kayseri Clarke	.....	.....	X
Nuculites smithi Clarke	X	.....	.....
Nuculites ererensis Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Nuculites nyssa Hall, var. *majora* Clarke	.....	.....	X
Nuculites branneri Clarke	.....	.....	X
Palaeoneilo orbignyi Clarke	X	.....	.....
Paleoneilo sulcata Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Paleoneilo pondeana Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Paleoneilo ? simplex Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Leda diversa Hall	.....	.....	X

GASTEROPODA

Platyceras whitii Clarke	X	.....	.....
Platyceras whitii, var. *curua* Clarke	.....	X	.....
Platyceras hussaki Clarke	X	.....	.....
Platyceras steinmanni Clarke	X	.....	.....
Platyceras hartti Clarke	X	.....	.....
Platyceras symmetricum Hall (?)	.....	.....	X
Platyceras symmetricum Hall, var. *maecuruense* Clarke	X	.....	.....
Diaphorostoma dorwini Clarke	X	.....	X
Diaphorostoma ? agassizi Clarke	X	.....	.....
Diaphorostoma furmaniana Hartt e Rathbun	.....	X	.....
Pleurotomaria rochana Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Bellerophon stelzneri Clarke	.....	X	.....
Bellerophon morganianus Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Bucania freitasi Clarke	X	.....	.....
Bucanella reissi Clarke	X	.....	.....
Bucanella coutinhoana Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Plectonotus derbyi Clarke	X	.....	.....

	Maecurú	Curuá	Ererú
Plectonotus ? salteri Clarke	X	.....	.....
Tropidocyclus gilletianus Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Ptomatis forbesi Clarke	X	.....	.....
PTEROPODA			
Tentaculites stubeli Clarke	X	.....	.....
Tentaculites oseryi Clarke	.....	X	.....
Tentaculites eldredgianus Hartt e Rathbun	.....	.....	X
TRILOBITA			
Homalonotus oiara Hartt e Rathbun	.....	.....	X
Homalonotus derbyi Clarke	X	.....	.....
Homalonotus (Colymene) acanturus Clarke	X	.....	.....
Phacops brasiliensis Clarke	X	.....	.....
Phacops menurus Clarke	X	.....	.....
Phacops scirpeus Clarke	X	.....	.....
Phacops (?) pullinus Clarke	X	.....	.....
Phacops (Dalmanites) macropyge Clarke	X	.....	.....
Dalmanites maecurua Clarke	X	.....	.....
Dalmanites australis Clarke	X	.....	.....
Dalmanites galea Clarke	X	.....	.....
Dalmanites infractus Clarke	X	.....	.....
Dalmanites tumilobus Clarke	X	.....	.....
Dalmanites gemellus Clarke	X	.....	.....
Dalmanites (Cryphaeus) paituna Hartt e Rathbun	.....	.....	X

Na pag. 306 dá-se figuras de alguns dos mais caracteristicos entre os fosseis devonianos até agora encontrados na região amazonica, tiradas das duas memorias acima citadas do professor J. M. Clarke.

61. *Dalmanites paituna* Hartt e Rathbun. Um cephalon imperfeito do tamanho medio, augmentado duas vezes. Rio Maecurú.
62. *Phacops brasiliensis* Clarke. Molde interno de um cephalon inteiro, mostrando a fórma e as proporções geraes. Rio Maecurú.
63. *Dalmanites paituna* Hartt e Rathbun. Um pygidio ligeiramente restaurado no lado direito, tamanho natural. Rio Maecurú.
64. *Phacops menurus* Clarke. Um pygidio imperfeito, augmentado duas vezes. Rio Maecurú.
65. *Actinopteria eschwegei* Clarke. Valva esquerda. Rio Maecurú.
66. *Spenotus bodenbenderi* Clarke. Uma valva direita. Rio Maecurú.

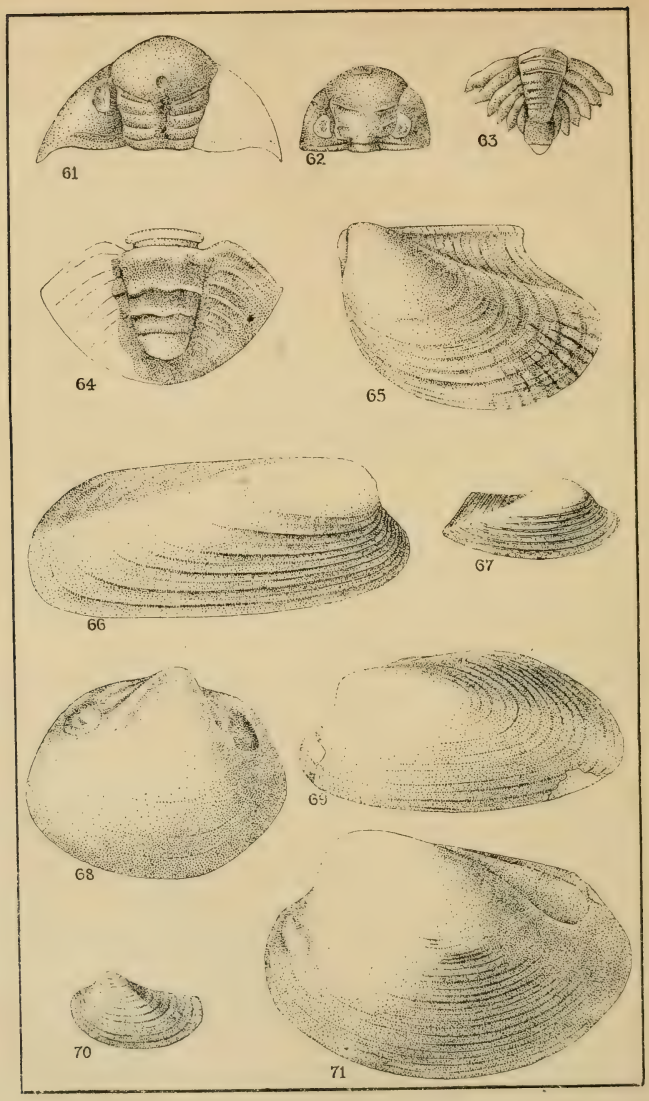


Fig. 133. — Fosseis brasileiros devonianos caracteristicos.

67. *Cimitaria karsteni* Clarke. Uma valva direita. Rio Maecurú.
68. *Toechomya rathbuni* Clarke. Interior de uma valva direita. Rio Maecurú.
69. *Modiomorpha pimentana* Hartt e Rathbun. Uma valva esquerda grande. Ereré.
70. *Cimitaria kersteni* Clarke. Uma valva esquerda. Rio Maecurú.
71. *Grammysia pissisi* Clarke. Uma valva esquerda mostrando as impressões musculares. Rio Maecurú.

Camadas devonianas fórmam o alto da Chapada a leste de Cuyabá no estado de Matto-Grosso. (1)

A secção junta mostra a estructura geral da região da Chapada.

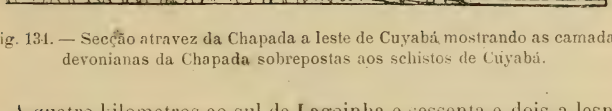


Fig. 134. — Secção atravez da Chapada a leste de Cuyabá mostrando as camadas devonianas da Chapada sobrepostas aos schistos de Cuyabá.

A quatro kilometros ao sul de Lagoinha e sessenta e dois a lesnordeste de Cuyabá, foram achados os seguintes fosseis descriptos por Von Ammon.

Phacops brasiliensis Clarke, *Bellerophon chapadensis* v. Ammon, *Tentaculites bellulus* Hall, *Discina baini* Sharpe, *Chonetes falklandia* Morris e Sharpe, *Spirifer vogeli* v. Ammon, *Leptocoelia flabellites* Conrad, *Rhynchonella* ou *Retzia Jamesiana.*

Nesta mesma região, num lugar chamado Sant'Anna da Chapada existem rochas fossiliferas, provavelmente calcareos alterados muito ricos em hematitos. Uma collecção de fosseis feita ali por Dr. Carl Carnier foi descripta por Clarke numa monographia publicada pelo Serviço Geologico do Brasil (1).

A lista dos fosseis identificados desta localidade por Clarke são: *Tentaculites crotalinus* Salter (*T. bellulus* v. Ammon), *Diaphrostoma Baini* (Sharpe). *Janeia brasiliensis* Clarke, *Chonetes falklandicus*

(1) J. M. Clarke. *Fosseis Devonianos do Paraná.* Monographia do Serviço Geológico. Vol. I. Rio de Janeiro, 1913.

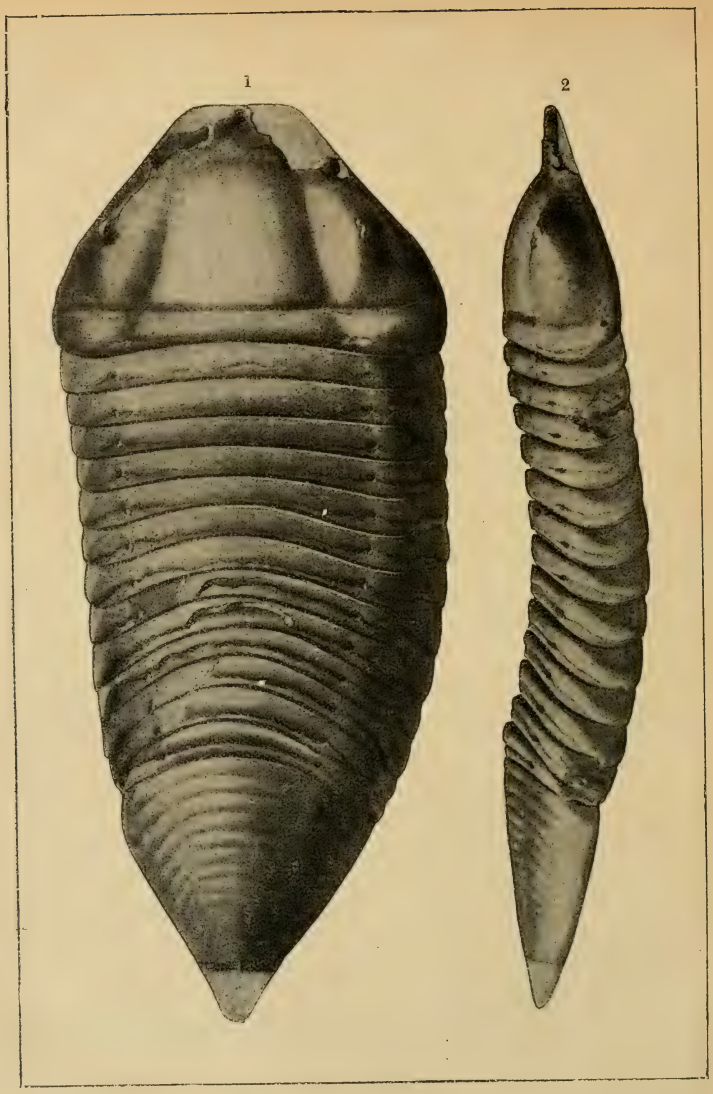


Fig. 135. — *Homalonotus noticus* Clarke. Uma trilobita. Vista dorsal e de perfil de um individuo completo de dimensões naturaes. Localidade Ponta Grossa, Paraná.

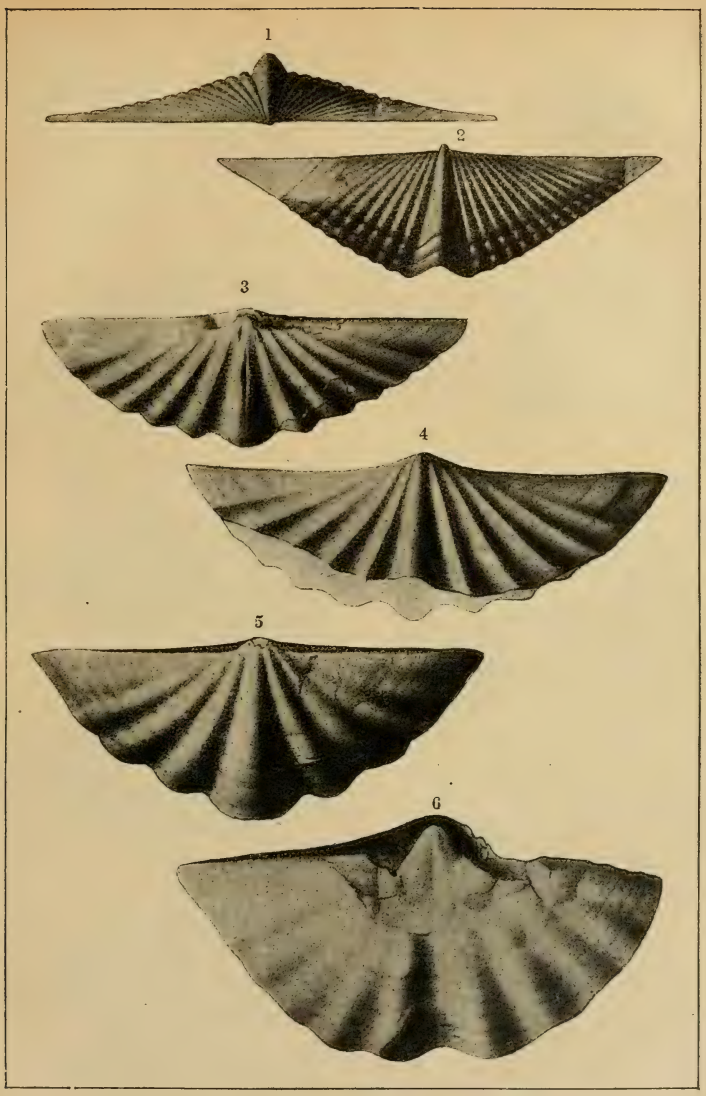


Fig. 136. — Brachiopodes devonianos do Brasil.

1, 2. *Spirifer Katzeri* Clarke, do Rio Maecuru, Pará.
3, 4. *Spirifer contrarius* Clarke, da Ponta Grossa, Paraná.
5, 6. *Spirifer Paraná* Clarke, da Ponta Grossa, Paraná.

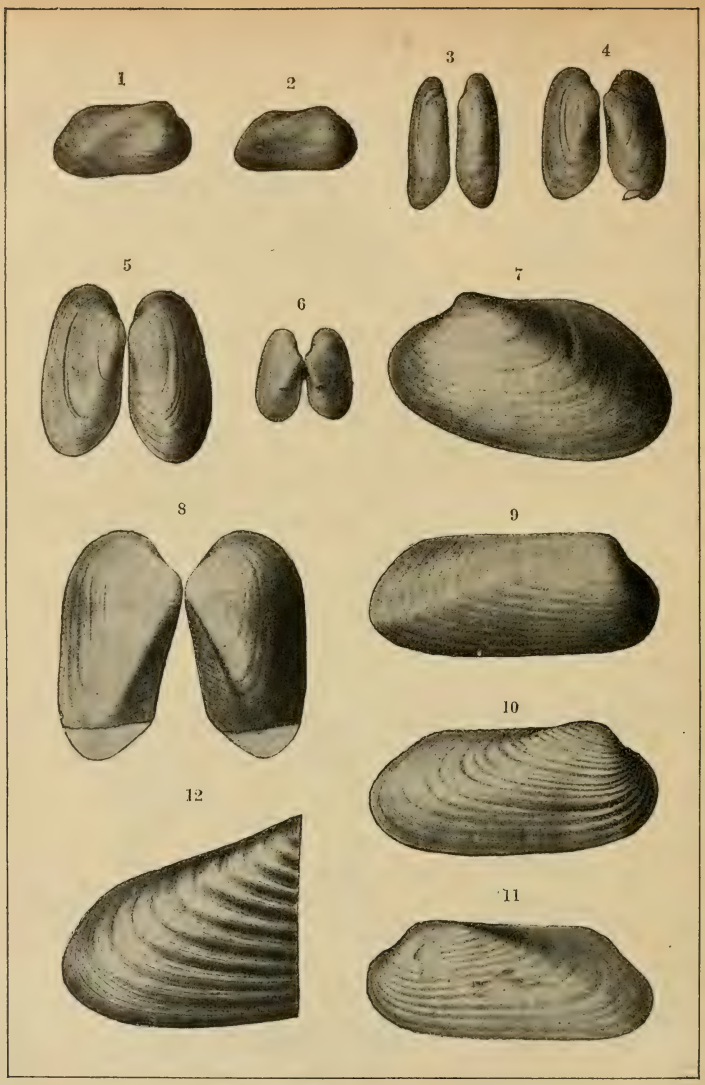


Fig. 137. — Pelecypodes do estado de Paraná.

1, 2. *Goniophora abbreviata* Clarke, de Jaguariahyva.
3, 4, 5. *Palafanatina erebus* Clarke, de Ponta Grossa.
6, 7. *Cypricardella ? oliveiria* Clarke, de Ponta Grossa.
8, 9. *Sphenotus lagoensis* Clarke, de Lago.
10, 11. *Leptodomus capricornus* Clarke, de Ponta Grossa.

Morris e Sharpe, *Derbyiana Smithi* (Derby), *Brasilia Margarida* (Derby), *Leptocolia flabellites* Conrad, *Spirifer antarcticus* (Morris e Sharpe), *Orbiculoidea Baini* (Sharpe).

A descripção dada por Castelnau da geologia da região faz suppôr que as camadas devonianas da Chapada se estendem para a parte sudoeste do estado de Goyaz e que terminam na margem oriental do planalto de Matto-Grosso na Serra de Taquara ao oeste do rio Pitombas Grande (1).

Encontram-se tambem rochas devonianas nos estados de S. Paulo e Paraná e é possivel que as hajam nos de Santa Catharina e Rio

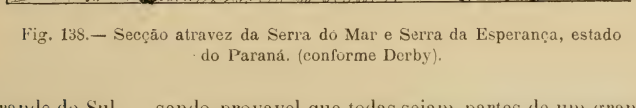


Fig. 138.— Secção atravez da Serra do Mar e Serra da Esperança, estado do Paraná. (conforme Derby).

Grande do Sul — sendo provavel que todas sejam partes de um grande lençol que se estende para oeste até Matto-Grosso. As duas secções juntas — uma no estado do Paraná e a outra no de Matto-Grosso — mostram ser muito semelhante a geologia das duas regiões, e suggerem que a região intermediaria é um grande geosynclino.

Fosseis devonianos fôram descobertos em Ponta-Grossa, estado do Paraná, por Luther Wagoner, no anno 1876 (2).

Em Jaguarahyva, Gonzaga de Campos achou o *Dalmanites*, *Chonetes* e *Orthothetes* (*Streptorhychus*). Depois Keyser descreveu de perto de Tibagy o *Spirifer iheringi* Kayser, *Spirifer borbai* Kayser, *Spirifer antarticus* Morris e *Pholadella radiata* Hall.

---

(1) Orville A. Derby. *Nota sobre a geologia e paleontologia de Matto-Grosso.* Archivos do Museu Nacional, IX, pp. 59–88. Rio de Janeiro, 1896.

(2) Dr. Ludw. v. Ammon. *Devonische Versteinerungen von Lagoinha in Matto-Grosso* (*Brasilien*). Zeit. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, XXVIII, pp. 352–366. Berlin, 1893.

A. Derby. *A geologia da região diamantifera da provincia do Paraná.* Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro. III, pp. 89-99, 1878 : e Proc. Amer. Phil. Soc., XVIII, pp. 251-258, Philadelphia, 1880.

Collecções mais completas feitas no Paraná pelo serviço Geologico do Brasil, e descriptas por Clarke na monographia citada, incluem treze especies de trilobitas, dois cephalopodes, tres conularias, um pteropode, seis gasteropodes, vinte e tres pelicypodes, vinte e tres brachiopodes, dois echinodermatas e uma espo' ja. Esses fosseis quasi todos vêm dos folhelhos de Ponta-Grossa, camadas estas que têm uma espessura de oitenta para cento e vinte metros. Abaixo destes folhelhos os arenitos das Furnas com uma espessura de cento e cincoenta metros, jazem sobre as rochas crystallinas da Serra do Mar (1).

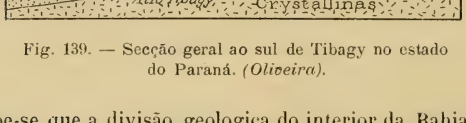


Fig. 139. — Secção geral ao sul de Tibagy no estado do Paraná. *(Oliveira).*

Suppoe-se que a divisão geologica do interior da Bahia designada por Branner pelo nome de « folhelho Caboclo », embora não tenham ainda dado fosseis nelles, seja devoniana. Naquella região o « Caboclo » está bem exposto no valle de Almas e nas cabeceiras do rio Bassauá onde tem a espessura de quinhentos metros ou mais. O nome é derivado da serra do Caboclo que fica no lado oriental do valle de Almas e no lado occidental do valle do Salitre (2).

Carbonifero inferior. — As rochas do carbonifero inferior são pela maior parte calcareos e contêm muitos fosseis dos grupos dos crinoides , coraes, brachiopodes, bryozoarios e alguns trilobitas. No Brasil não ha rochas conhecidas pertencentes a esta serie.

CARBONIFERO

O carbonifero propriamente dito é geralmente conhecido pelo nome de « coal measures » (Medidas de carvão) por conter entre as suas

(1) John M. Clarke. *Fosseis devonianos do Paraná.* Monographias do Serviço Geologico do Brasil, vol. I, pp. 62-67. Rio, 1913.

(2) J. C. Branner. *The geography of northeastern Bahia. Geographical Journal.* London, Aug. 1911 p. 151.

camadas os grandes depositos de carvão da Europa e da America do Norte. Os sedimentos do carbonifero têm na Nova Escocia a espessura de quatro mil oitocentos e setenta e sete metros e no estado de Arkansas nos Estados Unidos a de sete mil duzentos e quarenta e oito metros. As rochas consistem em folhelhos, arenitos, conglomerados e camadas de carvão. A area total coberta pelas rochas carboniferas na America do Norte é de setecentos e vinte seis mil duzentos e vinte e oito kilometros quadrados.

As camadas de carvão e os folhelhos que as acompanham contêm uma abundancia de plantas fosseis mostrando que no tempo de sua deposição a terra estava coberta por grandes pantanos durante longos periodos de tempo. A's vezes encontram-se fosseis maritimos entre estas fórmas terrestres mostrando que de vez em quando houve depressões da superficie que levavam a terra de baixo do mar.

Os fosseis mais abundantes do carbonifero são as plantas conservadas em connexão com o carvão : fetos, lycopodiaceas e coniferas. Tambem abundaram no tempo da deposição do carvão insectos, peixes e amphibios.

Os principaes productos economicos do carbonifero são as extensas camadas de carvão, tanto bituminoso como anthracitico. Na America do Norte ha tambem camadas importantes de minereo de ferro e de argilla refractaria associadas ao carvão.

No Brasil as rochas conhecidas de idade carbonifera só se encontram no valle do Amazonas. Apresentam-se no Rio Tapajós desde as cachoeiras até perto de Aveiros na distancia de cento e trinta kilometros e se estendem dahi para oeste e para leste parallelas ao eixo principal do valle do Amazonas (1) A oeste do Tapajós ellas se apresentam no rio Mauéassú em Fructal e Pedra do Barco. A leste é provavel que se apresentem tambem no Xingú e Tocantins, se bem que ainda não se tenha encontrado fosseis nos valles destes rios.

No lado norte do valle amazonico as camadas carboniferas se apre-

---

(1) O. A. Derby. *On the Carboniferous Brachiopoda of Itaituba, Rio Tapajós.* Bulletin of the Cornell University. V. I, n. 2. pp. 1-63. Ithaca, N. Y., 1874.

O. A. Derby. *The Amazonian Carboniferous fauna.* Journal of Geology, II, pp. 480-500. Chicago, 1894.

sentam na vizinhança de Alemquer e se estendem para o norte ao longo dos rios Curuá, Maecurú e Trombetas. São conhecidas no oeste até o rio Uatumá e a leste até Jauary perto de Prainha. As rochas são folhelhos, arenitos e calcareos, sendo os fosseis fornecidos principalmente por este ultimo. Em Itaituba a camada de calcareo tem a espessura de oito metros e é empregada para o fabrico de cal.

As rochas carboniferas da região amazonica, até onde são conhecidas, mostram pelos seus fosseis serem depositos maritimos e não se tem encontrado camadas de carvão associadas a ellas. A espessura das camadas é calculada em cerca de seiscentos metros e como apenas uma pequena parte foi examinada detalhadamente é possivel que hajam tambem depositos de agua doce, offerecendo assim alguma probabilidade da existencia de carvão.

No estado de Sergipe as rochas cretaceas expostas a leste da Serra de Itabaiana são sobrepostas a camadas sedimentarias da serra, cuja idade não foi determinada, sendo possivel que esta seja carbonifera, ou talvez mais antiga.

Certas rochas dos estados de S. Paulo, Paraná, Santa Catharina e Rio Grande do Sul, que têm sido consideradas como sendo de idade carbonifera são agora referidas á permiana.

A seguinte é uma lista completa dos fosseis carboniferos conhecidos do Brasil compilada da lista de Derby já citada.

BRACHIOPODA

Terebratula itaitubense Derby.
Waldheimia coutinhoana Derby.
Eumetria mormoni Marcou.
Athyris subtilita Hall.
» *sublamellosa* Hall.
Spirifer camaratus Morton.
Athyris rockimontanus Marcou.
Spirifer (*Martinia*) *perplexus* Mc Chesney.
» (*Martinia*) *planoconvexa* Schumard.
Spiriferina transversa Mc Chesney.
» *spinosa* Norwood e Pratten.
Rhynchonella pipira Derby.
Orthis penniana Derby.
» *Morganiana* Derby.

Streptorhynchus hallianus Derby.
» (*Derbya*) *correianus* Derby.
» (*Orthothetes*) *tapajotensis* Derby.
Chonetes amazonica Derby.
» *glabra* Geinitz.
Strophalosia cornelliana Derby.
Productus semiroticulatus Martin.
» *cora* d'Orbigny.
» *chandlessi* Derby.
» *batesianus* Derby.
» *rhomeanus* Derby.
» *wallacianus* Derby.
» *clarkianus* Derby.
» *nebrascensis* Owen.
» *punctatus* Martin (?).

LAMELLIBRANCHIOS

Entolium aviculatum Swallow (?).
Lima rectifera Schumard.
Aviculopecten occidentalis Schumard.
» *carboniferus* Stevens.
» *neglectus* Geinitz.
» *coxanus* Meek e Worthen.
» (*Streblopteria ?*) *hertzeri* Meek.
Avicula sp (compare-se *A. longa* Geinitz).
» (compare-se *Bakewellia bicarinata* King).
» (» » *parva* Meek e Worthen).
» (» » *sedgwickiana* King).
Pinna peracuta Schumard.
Myalina kansasensis Schumard.
Macrodon tenulineatus Meek e Worthen (?).
Schizodus wheeleri Swallow (?).
» *rossicus* de Verneuil (?).
Pleurophorus tropidophorus Meek (?).
Allorisma subcuneata Meek e Worthen.

GASTEROPODA

Pleurotomaria speciosa Meek e Worthen.
» *marcouana* Geinitz (?)
» *conoides* Meek e Worthen (?).
» (compare-se *P. subdecussata* Geinitz).
» (» *P. depressa* Cox).
Naticopsis nana Meek e Worthen.

Platyceras nebrasensis Meek.
Bellerophon carbonarius Cox.
» *crassus* Meek e Worthen.

BRYOZOA

Synocladia biserialis Swallow (?).
Fenestrella shumardi Prout (?).
» *intermedia* Prout (?).
Glauconome trilineata Meek (?).
Polypora submarginata Meek (?).
Ptilodicta carbonaria Meek (?).

CORAES

Lophophyllum sp.
Stenopora sp.
Fistulipora nodulipora Meek. sp.
Rhombipora lepidodendroides Meek
Monticulipora sp.

ECHINODERMATA

Eocidaris hallianus Geinitz (?)
Archaeocidaris sp.

TRILOBITAS

Philipsia sp.
» *(Griffithides)* sp.

FORAMENIFERA

Fusulina sp.

Na pagina 317 se mostra alguns dos fosseis carboniferos mais caracteristicos descriptos pelo professor Derby na região amazonica.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS DE FOSSEIS CARBONIFEROS

72. *Athyris subtilita* Hall. Vista ventral. Bom Jardim, estado do Pará.
72a. *Athyris subtilita* Hall. Vista dorsal. Bom Jardim, estado do Pará.
73. *Orthothetes (Streptorhynchus) tapajotensis* Derby. Interior da valva dorsal. Itaituba, estado do Pará
74. *Spirifer camaratus*. Morton. Vista ventral. Bom Jardim, estado do Pará.

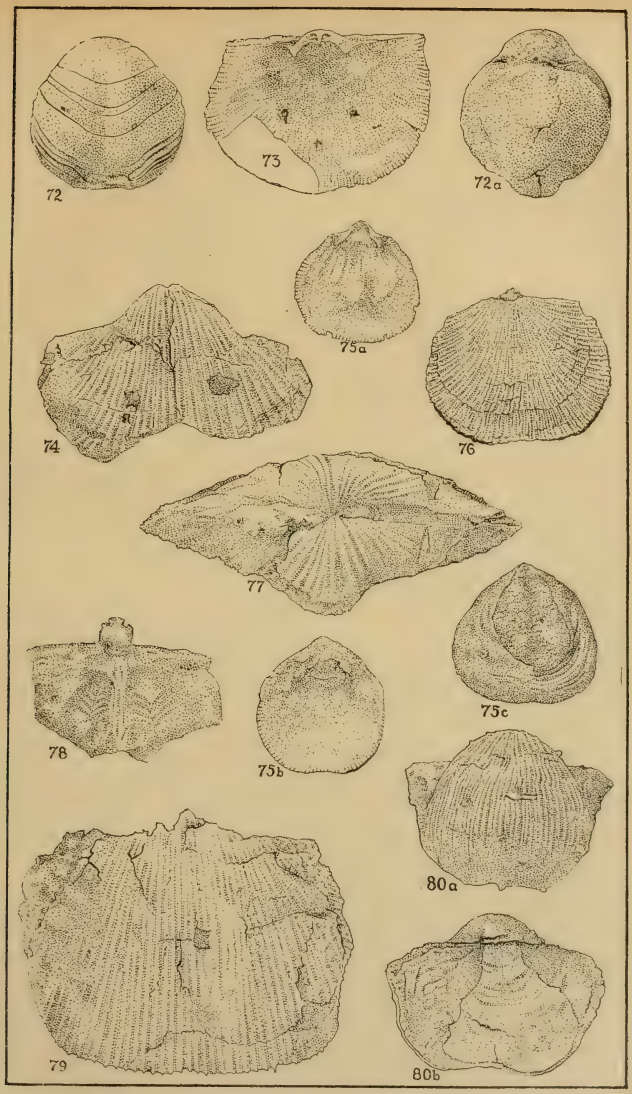


Fig. 140. — Fosseis carboniferos característicos do Brasil.

75a. *Orthis penniana* Derby. Interior da valva ventral. Bom Jardim, estado do Pará.

75b. *Orthis penniana* Derby. Interior da valva dorsal. Bom Jardim, estado do Pará.

75c. *Orthis penniana* Derby. Vista dorsal de um grande exemplar com sinus. Bom Jardim, estado do Pará.

76. *Orthothetes* (*Streptorhynchus*) *tapajotensis* Derby. Vista ventral. Bom Jardim, estado do Pará.

77. *Spirifer camaratus* Morton. Vista cardinal de um exemplar desusadamente alongado. Bom Jardim, estado do Pará.

78. *Productus semireticulatus* Martin. Interior de um fragmento de uma valva dorsal. Itaituba, estado do Pará.

79. *Productus semireticulatus* Martin. Exterior de uma valva ventral mostrando o caracter e arranjo dos espinhos. Bom Jardim, estado do Pará.

80a. *Productus chandlessii* Derby. Vista ventral. Pedra de Barca. rio Paráuary, estado do Pará.

80b. *Productus chandlessii* Derby. Vista dorsal. Bom Jardim, estado do Pará.

Na região diamantina do estado da Bahia as formações chamadas por Derby « Lavras » e « Paraguassú » são provavelmente da idade carbonifera, embora ainda não tenham dado fosseis. Essas formações têm grande importancia economica no Brasil porque é dellas que vêm os diamantes e carbonados. São, pela maior parte, arenitos duros ou quartzitos côr de roza com a laminação falsa bem marcada. Os diamantes e carbonados estão cravados nas rochas, das quaes são soltos pela decomposição natural (1).

PERMIANO

Com o permiano as trilobitas desappareceram completamente, os reptis fizeram o seu primeiro apparecimento, e os crinoides se tornaram muito menos abundantes do que no tempo carbonifero. Na America do Norte formaram-se extensas camadas de gesso e de sal gemma, mostrando que partes do valle do Mississippi eram aridas durante os tempos permianos.

No Brasil tem-se reconhecido rochas permianas nos estados de

(1) J. C. Branner. *Diamond bearing highlands of Bahia. Engineering and Mining Journal.* LXXXVII, 981, 1031, May 15 and 22, 1909.

S. Paulo, Paraná, Santa Catharina, Rio Grande do Sul, Bahia, Sergipe, Alagôas, Piauhy, Maranhão e Goyaz.

As rochas consistem de folhelhos e arenitos molles com camadas subordinadas de calcareo silicoso. Delgadas camadas de carvão constituem feição muito persistente e nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catharina estas já dão lugar á exploração industrial, como na

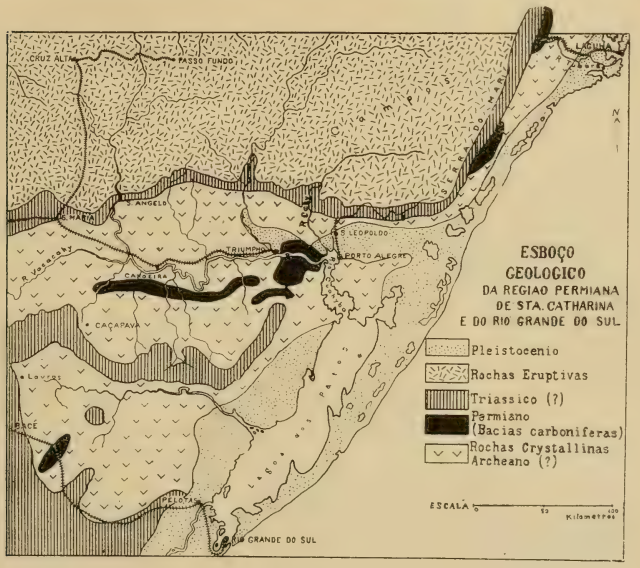


Fig. 141.

bacia do Arroio dos Ratos no primeiro estado e na do Rio Tubarão no segundo. A occorrencia destes depositos de carvão e de troncos de arvores silicificados (coniferas e fetos arborescentes) indicam que as condições predominantes no tempo da deposição destas camadas eram as de terra firme e de lagôas de agua doce.

Por toda a parte no Brasil onde são conhecidas, as rochas permianas são de origem terrestre, isto é fluvial e lacustre. Certas camadas

no estado do Paraná têm fosseis que parecem permianos mas por emquanto a area conhecida é restricta, e parece provavel que neste caso os fosseis fôram depositados num estuario.

É notavel que as formações Gondwana da India e as do Karroo

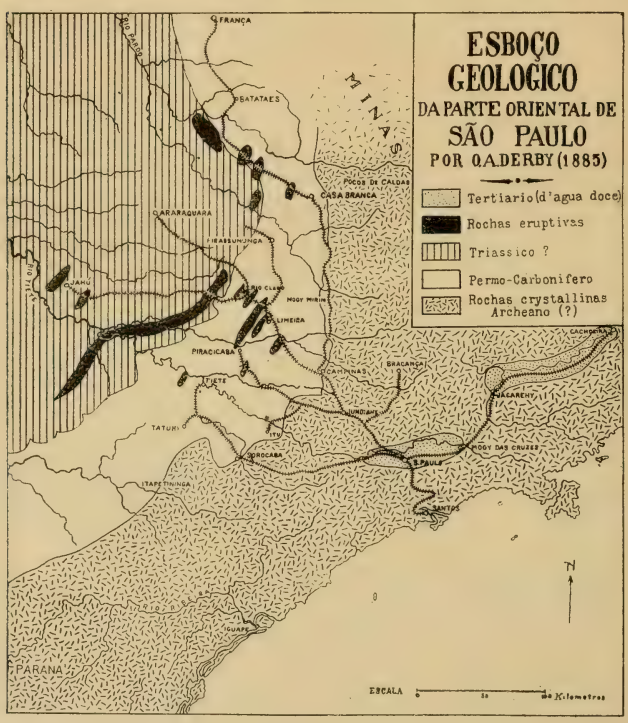


Fig. 142.

da Africa, que se suppunham ser da mesma idade geologica, tambem são todas de origem terrestre.

Diques e lençóes de rochas eruptivas (diabase) são muito frequentes na região permiana de S. Paulo e pela sua decomposição fornecem um

solo muito carregado de oxido de ferro conhecido pelo nome de « terra roxa » e muito apreciado pelos lavradores, especialmente os de café. Os folhelhos desta formação sendo geralmente marnosos tambem fornecem um solo fertil, ao passo que as areas cobertas de arenito são consideradas como relativamente estereis. O esboço junto mostra de modo schematico a distribuição dos terrenos permianos e de algumas das mais conhecidas manchas da terra roxa no estado de S. Paulo.

Uma feição muito caracteristica das camadas permianas é a occorrencia abundante nos calcareos e em alguns dos folhelhos de nodulos e leitos silicosos (pederneira) e de madeiras silicificadas que, pela sua resistencia á decomposição, ficam espalhadas na superficie e assim fornecem um meio facil de traçar a formação. Antes da introducção de armas modernas e de phosphoros, estas accumulações fôram aproveitadas em muitos lugares para fornecer pederneiras para armas de fogo e isqueiros.

Outra feição caracteristica é a occorrencia no meio dos arenitos de grandes depositos de blocos e materiaes estriados indicativos de acção glacial durante o periodo permiano no sul do Brasil. H. Bross achou num corte da estrada de ferro 236 kilometros ao norte de Ponta-Grossa, no estado de Paraná, deposito glacial com blocos estriados, e achou blocos erraticos e estriados em Villa-Velha a vinte e cinco kilometros a leste de Ponta-Grossa (1).

Os depositos glaciaes do sul do Brasil são conhecidos nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catharina. Os lugares onde foram determinados pelo Professor Woodworth, que os estudou especialmente no anno 1908, são rio Jaguaricatú (Sengens) e Conchas, no norte do Paraná, e rio Negro em Santa Catharina. Parece que o movimento do gelo foi de norte para o sul. A distribuição dos depositos glaciaes não é bem conhecida por ora (2), mas a estriação dos fragmentos é perfeitamente clara. A idade dos depositos glaciaes do Brasil é a mesma que a dos depositos « Talchir » da India, e do conglomerado « Dwyka » da

(1) H. Bross. *Centralblatt f. Min.*.1909, n. 18, 558-561.

(2) J. B. Woodworth. *Geological expedition to Brazil. Bulletin Museum Comparative Zoology*, LVI. Cambridge, 1912.

Africa do Sul e do conglomerado basilar Argentino — todos da idade permiana (1).

Depositos glaciaes, apparentemente da mesma idade, encontram-se nas ilhas Falkland ao sul da Republica Argentina (2), mostrando que a glaciação permiana na America do Sul não se limitou ao Brasil.

Algumas camadas da formação permiana são muito abundantes em fosseis representando peixes, reptis e molluscos (lamellibranchios) no reino animal e gymnospermas (coniferas), lycopodiaceas e filices no reino vegetal. As plantas fosseis descriptas das diversas bacias carboniferas do sul do Brasil são incluidas na lista á pagina 326, 327.

No anno 1895, Zeiller chamou attenção para o facto que *Gangamopteris* é uma das fórmas mais caracteristicas das camadas Glossopteris da India, ao passo que *Noeggerathia e Odontoteris* suggerem

Fig. 143. — Secção atravez da região permiana entre o valle do Curral Alto e a Serra do Boqueirão. Rio Grande do Sul. (*Cabral.*)

outras fórmas do permiano inferior. Elle julgou que o *Lepidodendron derbyi* das camadas de S. Paulo fosse identico ao *Lepidodendron pedroanum* das camadas do Rio Grande do Sul.

Fig. 144 — Secção atravez da bacia do Arroyo dos Ratos. Rio Grande do Sul. (*Dahne*).

E' possivel que as rochas permianas contendo carvão do Rio Grande do Sul e de Santa Catharina sejam partes ora desta-

(1) David White. *Journal of Geology*, XV, 615, 1907.
(2) *Zeit. f. Prakt. Géologie*, 1896, 120.

cadas de um unico lençol que originalmente cobriu uma area muito maior.

Os depositos do Rio Grande se apresentam em quatro bacias que talvez tivessem sido destacadas uma das outras por denudação. As bacias do Rio Tubarão e do Rio Verde no estado de Santa Catharina eram, talvez, semelhantemente ligadas com as que lhes ficam mais ao sul. O

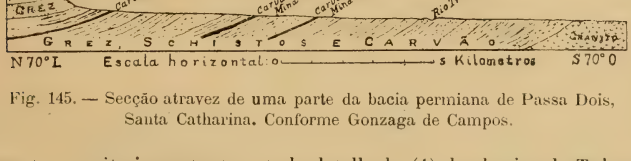


Fig. 145. — Secção atravez de uma parte da bacia permiana de Passa Dois, Santa Catharina. Conforme Gonzaga de Campos.

recente e muito importante estudo detalhado (1) das bacias do Tubarão e Passa Dois suggere a hypothese que o carvão destas areas se afunda debaixo das terras altas que lhes ficam ao oeste. (Vide figura 145.)

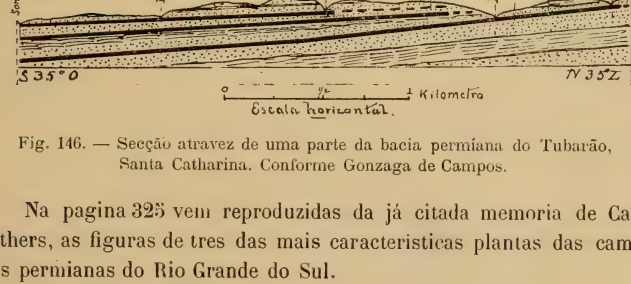


Fig. 146. — Secção atravez de uma parte da bacia permiana do Tubarão, Santa Catharina. Conforme Gonzaga de Campos.

Na pagina 325 vem reproduzidas da já citada memoria de Carruthers, as figuras de tres das mais caracteristicas plantas das camadas permianas do Rio Grande do Sul.

---

(1) *Minas de carvão do Tubarão, Santa Catharina.* Relatorio, apresentado ao Exm. Sr. General Francisco Glycerio, Ministro da Agricultura, etc., pelos engenheiros F. Hostilio de Moraes Rego, Luiz Gonzaga de Campos e João Caldeira de Alvarenga Messeder. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1890.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS DE FOSSEIS PERMIANOS

81. *Lepidodendron (Flemingites) pedroanum* Carruthers. Extremidade de um galho mostrando o eixo solido e as bases persistentes dos petiolos e folhas.
82 *a*. *Lepidodendron (Flemingites) pedroanum* Carruthers. Cicatrizes sobre um fragmento de um galho, augmentadas quatro vezes.
82 *b*. *Lepidodendron (Flemengites) pedroanum* Carruthers. Fragmento de um galho.
83 *a*. *Odontopteris plantiana* Carruthers. Parte de uma pinna.
83 *b*. *Odontopteris plantiana* Carruthers. Pinnula inferior da mesma.
84. *Noeggerathia obovata* Carruthers. Tamanho natural.

Outros fosseis vegetaes que ainda não têm sido estudados e descriptos são as madeiras silicificadas que se encontram em grande abundancia e bello estado de conservação em todos os quatro estados do sul do Brasil. Entre estas Derby julga reconhecer representantes do genero *Psaronius*, *Cordaioxylon* (madeira fossil de Cordaites) do grupo das Cordaites, e *Araucarioxylon* (madeira fossil de Araucaria), *Cupressoxylon* (madeira fossil de Cupressus) e talvez *Taxoxylon* (madeira fossil de Taxus) no grupo das coniferas ordinarias.

Ultimamente o governo brasileiro mandou fazer um estudo mais minucioso do carvão nos estados de Paraná, Santa Catharina e Rio Grande do Sul, e o relatorio do geologo da commissão, Dr. I. C. White, reune os ultimos resultados a respeito da geologia carbonifera e das formações associadas com o carvão no sul do Brasil (1).

Segue a tabella das formações nas posições relativas umas ás outras, com a espessura de cada uma, e com as equivalencias ás formações nas outras divisões do mundo.

---

(1) I. C. White. *Commissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil*. Relatorio final. Rio de Janeiro, 1908.

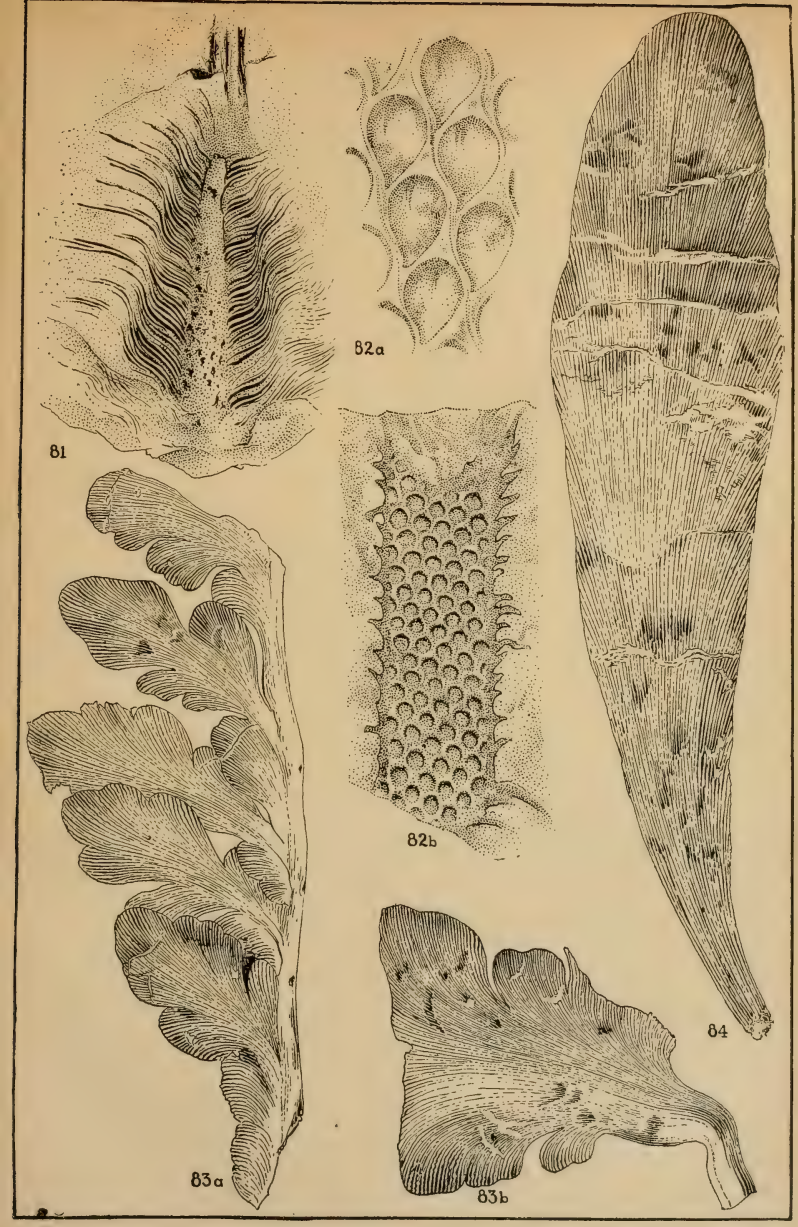


Fig. 147. — Plantas permianas caracteristicas do Brasil.

SYSTEMA	SERIE	ROCHAS	ESPESSURA EM METROS	
—	—	—	—	Cretaceo ou Jurassico
Santa Catharina	São-Bento	Arenitos de Baurú.	000	Karoo de cima.
		Eruptivas da Serra Geral.	600	
		Arenitos vermelhos e cinzentos de Botucatú . . .	200	
		Camadas vermelhas do rio do Rasto com reptis e arvores fosseis	100	
	Passa-Dois	Calcareos da Rocinha. . .	3	
		Schistos cinzentos de Estrada-Nova com concreções.	150	
	Tubarão	Schistos pretos de Iraty com reptis fosseis. . . .	70	Karoo de baixo.
		Schistos do Palermo. . . .	90	
		Schistos e arenitos do rio Bonito com *carvão* e plantas fosseis.	158	
		Conglomerado de Orleans (glaciação).	5	
		Arenitos amarellos e schistos.	27	
		Granitos em baixo.		

Os seguintes fosseis forão colligidos destas formações :

1. Dos arenitos do rio Rasto : *Scaphonyx fischeri.*
2. Schistos do Iraty : *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum.*
3. Schistos do rio Bonito : flora *Gangamopteris* que inclue as siguintes plantas determinadas ou descriptas por David White no relatorio citado :

Reinschia australis Bert. and Ben., var *brasiliensis.*
Rosellinites Gangamopteridis.
Hysterites brasiliensis.
Equisetites calamitinoides.
Schizoneura ?
Phyllotheca Griesbachi Zeill.
Phyllotheca Muelleriana.
Phyllotheca (?) sp.
Lycopodiopsis Derbyi Re.
Lepidodendron Pedroanum (Carr) Zeill.
Lepidophoios laricinus Sternb.
Sigillaria Brardii Brongn.
Sigillaria australis.

Sigillaria sp.
Sigillaria (?) *muralis.*
Sphenopteris hastata Mc Coy ?
Sphenopteris sp.
Glossopteris Browniana Brongn.
Glossopteris indica (Brongn.) Schimp.
Glossopteris ampla Dana.
Glossopteris occidentalis.
Glossopteris sp.
Vertebraria sp.
Gangamopteris obovata (Carr) D. W.
Ottokaria ovalis.
Arberia minasica.
Derbyella aurita.
Noeggerathiopsis Hislopi (Bunb.) Feist.
Cardiocarpon Seixasi.
Cardiocarpon Moreiranum.
Cardiocarpon Oliveiranum.
Cardiocarpon Barcellosum.
Voltzia ? sp.
Dadoxylon Pedroi Zeill.
Dadoxylon nummularium.
Dadoxylon meridionale.
Carpolithus ? sp.
Hatimima Whitei.

É notavel que a lista abrange certas fórmas representativas da flóra Gondwana da India, que são : *Phyllotheca*, *Glossopteris*, *Gangamopteris* e *Noeggerathiopsis*.

Os fosseis do systema Santa Catharina parecem justificar a conclusão que o Karroo superior da Africa do Sul corresponde á serie S. Bento do Brasil, e que o Karroo inferior corresponde á serie Tubarão, incluindo nesta ultima os schistos pretos de Iraty, que contêm os restos de *Mesosaurus brasiliensis* M. Gregor e *Stereosternum tumidum* Cope.

Perto de Santa Maria da Bocca do Monte no Rio Grande do Sul foi descoberto ultimamente um reptil fossil *Scaphionix fischeri* que parece completar o parallelismo entre o systema Santa Catharina e o systema Karroo da Africa do Sul.

Nas mesmas camadas com os fosseis vegetaes tem-se encontrado tambem um dente de um batrachio gigantesco, *Labyrinthodon*, e

dentes e escamas de peixes ganoides. O primeiro destes fosseis é muito semelhante a um descripto com o nome de *Mesosaurus tenuidens* Gervais, do Karroo da Africa meridional onde foi considerado como pertencente ao periodo seguinte, ou o triassico. No Brasil, porém, estes fosseis se acham associados com fórmas vegetaes caracteristicas do periodo permiano.

Associadas com as camadas contendo os fosseis acima referidos e que são depositos d'agua doce, encontram-se mais raramente nos estados de S. Paulo e Paraná camadas delgadas de pederneira com abundantes fosseis maritimos. São todos lamellibranchios e, associados com os generos *Schizodus, Myalina, Conocardium*, etc., que se consideram como caracteristicos do permiano; ha outros que se assemelham mais com os do periodo subsequente. Assim na sua fauna como na sua flóra estas camadas brasileiras apresentam uma curiosa mistura de fórmas permianas com outras que geralmente se consideram como caracteristicas do periodo mesozoico, reproduzindo assim, no Brasil, um phenomeno que já se tem notado nas formações correspondentes da Australia, India e Africa meridional.

Além dos estados acima mencionados e que abrangem o lado esquerdo da bacia do Paraná com a bacia do Uruguay e as suas confrontantes do litoral, parece provavel que essas camadas serão encontradas no sul do estado de Matto Grosso e na Republica do Paraguay, na região entre os rios Paraná e Paraguay, e tambem na bacia do Amazonas na região das cabeceiras dos rios Tapajós e Xingú.

Ultimamente fetos fosseis que parecem permianos fôram descobertos na fazenda Jacú perto da villa de Aracy no estado da Bahia, uns treze kilometros ao norte da estação de Serrinha. Estes fosseis vêm de uma serie de rochas sedimentarias conhecida no Brasil como a *serie de Estancia*, por estar bem exposta na cidade deste nome no estado de Sergipe. Estas rochas pela maior parte são arenitos vermelhos, mas a serie tambem inclue argillas, calcareos e folhelhos de côr cinzenta. Os fosseis vêm dos folhelhos. A unica especie até agora reconhecida é *Alethopteris branneri* (1).

---

(1) David White. *American Journal of Science*, XXXV, 633-636, June, 1913.

A distribuição destas rochas permianas nos estados de Sergipe, Bahia e Alagôas está indicada approximadamente no mappa que accompanha o artigo citado.

Numa excursão geologica feita pelo geologo Dr. Miguel Arrojado Lisboa no anno 1909 á procura de informações a respeito da planta fossil *Psaronius* (1) pelo norte do Brasil, elle descobriu que a formação de que este fossil é caracteristico (quer dizer permiana) tem uma extensão enorme naquella parte do paiz. Ficou assim determinado que a area permiana se extende sobre grande parte dos estados do Maranhão, Piauhy e Goyaz. As localidades onde fôram achados fosseis permianos e os estudos stratigraphicos de Dr. Lisboa naquelles estados e no de Matto Grosso bem como os effectuados em S. Paulo patenteam o facto que o permiano abrange uma area de cerca de 282,000 kilometros quadrados nos estados de Maranhão, Piauhy e Goyaz, e que provavelmente essa formação extende-se tambem ao sudeste até reunir-se com o permiano do interior da Bahia e Sergipe, e ao sudoeste até ligar-se com o permiano de S. Paulo e Matto Grosso.

Os resultados destes estudos feitos no campo, tomados em conjuncção com os estudos do mesmo autor em Matto Grosso e S. Paulo e com o que já sabemos a respeito do permiano nas outras partes do Brasil, tornou evidente o facto que o permiano é talvez o terreno mais caracteristico do territorio brasileiro. Como disse Dr. Lisboa « está provado que o continente de Gondwana abrangia o Brasil de norte ao sul desde quasi o Atlantico, logo abaixo da bocca do Amazonas, até os confins com o Uruguay (2). »

---

(1) A. Brongniart. *Notice sur le Psaronius brasiliensis. Bul. Soc. Botanique de France*, XIX, 3-10. Paris, 1872.

(2) O relatorio de Dr. Lisboa infelizmente ainda não está publicado, embora forme uma das mais importantes contribuições feitas á geologia do Brasil. No *American Journal of Science* sahiu ultimamente um resumé dos resultados sob o titulo : *Permian geology of northern Brasil.* Vol 187, paginas 425-443. May, 1914.

Fig. 148. — Esqueleto de *Stereosternum tumidum* sobre uma lage de calcareo de Limeira. S. Paulo.

Periodo mesozoico.

TRIASSICO

A vida do triassico foi modificada pelo desapparecimento de certos crinoides (cistoides e blastoides) e o declinio dos brachiopodes. Houve um augmento notavel nos lamellibranchios e cephalopodes; os reptis tornaram-se mais abundantes; os amphibios chegaram ao seu maximo grau de desenvolvimento, e os mammiferos fizeram o seu primeiro apparecimento. Na America do Norte as camadas triassicas são caracterisadas localmente por uma coloração parda avermelhada. Nos estados da Virginia e Carolina do Norte existem depositos de carvão, e no estado de Kansas apresentam-se depositos importantes de gesso e sal gemma.

No Brasil as camadas triassicas occupam uma extensa area na parte central e occidental da bacia do Paraná nos estados de Matto Grosso, oeste de S. Paulo, Paraná, Santa Catharina e Rio Grande do Sul, estendendo-se tambem para as republicas visinhas do Uruguay e do Paraguay. A referencia destas rochas ao triassico baseava-se antigamente no facto da sua superposição ás camadas permianas e na semelhança das suas rochas, especialmente as eruptivas, com as triassicas da Europa e da parte oriental da America do Norte.

Porém no anno de 1902 um pequeno numero de ossos de reptis (*Scaphionyx fischeri* Smith-Woodward) descobertos proximo de Santa Maria da Bocca do Monte (Serrito) no estado do Rio Grande do Sul, parecem provar que os depositos em que fôram encontrados devem ser attribuidos á epoca triassica. É notavel que o *Scaphionyx* representa o primeiro reptil terrestre descoberto na America do Sul pertencente á fauna do « Gondwana » da India, e á parte triassica (1). Mais tarde fosseis fôram descobertos em S. José do rio Preto no estado de S. Paulo, 450 kilometros oeste da capital daquelle estado. Estes

(1) A. Smith-Woodward. *Ossos fosseis de réptis do estado do Rio Grande do Sul. Revista do Museu Paulista*, VII, 46-57. São Paulo 1907.

fosseis parecem ser de um jacaré e de um Dinosauro caracteristico do triassico e do rhoetico das outras partes do mundo (1).

No sul do Brasil. — As rochas consistem em arenitos molles e avermelhados sobrepostas e quasi sempre associados com rochas eruptivas de typo diabasico que se apresentam em diques e lençóes de notavel extensão e espessura. O conjuncto destas camadas attingem em diversos lugares uma espessura de quinhentos ou mais metros, regulando em geral entre cem e tresentos metros. Jazem em posição proximamente horizontal, isto é, são isentas de dobras, mas são muito perturbadas por falhas de notavel extensão e amplitude.

As rochas eruptivas se apresentam ás vezes na fórma massiça e granular de diabase, mas, pela maior parte, são prophyriticas (diabase porphyrite) e frequentemente esponjosas ou amygdaloides, indicando que provavelmente se derramaram na superficie da terra como corridas de lava. Não se tem reconhecido, porém, centros vulcanicos no sentido restricto, e é provavel que as erupções fossem do typo conhecidas por « massiças » sem os phenomenos explosivos que constroem cones vulcanicos. Para este caracter das erupções concorreu indubitavelmente o do magma eruptivo que é essencialmente basico e assim proprio para dar lavas dotadas de alto grau de fluidez.

As rochas eruptivas estão bem expostas ao longo da estrada nova em Santa Catharina onde fórmam um escarpado quasi vertical. Começam a 748 metros acima do mar e succedem-se em lençóes, alguns com estructura columnar de vinte a cincoenta metros de espessura, até mil e quatro centos metros no alto da Serra-Geral a kilometro vinte e cinco de Minas.

São estas as rochas eruptivas que formam a subida da Serra-Geral tão difficil em muitos pontos em Santa Catharina e no Rio Grande do Sul.

A estructura amygdaloide que caracterisa grande parte das rochas

---

(1) A. Smith-Woodward. *On a tusk of a triassic dinosaur from São Paulo, Brasil. Transactions British Association*, 1909, p. 483, London, 1910.

R. von Ihering. *Fosseis de S. José do Rio Preto. Revista do Museu Paulista*, VIII, 141-146. S. Paulo, 1911.

eruptivas desta formação dá logar á formação abundante de geodes das varias fórmas de silica (chalcedonia, agatha e quartzo)e de varios zeolitos. Os geodes silicosos resistindo á decomposição ficam lastrando o solo resultante da alteração, geralmente bem profunda, da rocha encaixante, e assim servem (como as pederneiras na zona permiana) de meio facil para identificar e seguir a formação nas extensas areas em que difficilmente se encontra a rocha bem conservada.

Nas margens do Rio Uruguay no estado do Rio Grande do Sul, diz Dr. Paula de Oliveira que « o solo é todo de amygdaloides cheios de bellas agatas, opalas, cornalinas, calcedoneas e silex de differentes colorações, que pódem dar lugar a um commercio vantajoso. » (1)

Em muitas partes da area triassica as agathas são de uma belleza excepcional ao ponto de constituir um objecto de commercio no Estado do Rio Grande do Sul e na Republica de Uruguay. Do ultimo paiz vêm, nas cavidades amygdaloides da rocha eruptiva, as afamadas « pedras d'agua » ou geodes de chalcedonia vermicular com uma cavidade central cheia d'agua e com uma bolha movel.

No lado oriental da bacia do Paraná as rochas triassicas occupam uma zona larga que se estende desde a margem septentrional da bacia, na Serra da Canastra fonteira ás cabeceiras do Rio S. Francisco, atravez dos estados de S. Paulo e Paraná, sendo cortada, na parte média dos seus cursos, pelos rios Grande, Tieté, Paranápanema e Iguassú, que a atravessam em profundos valles excavados 200 a 500 metros abaixo do nivel geral da grande chapada formada por suas camadas proximamente horizontaes. Ao sul do rio Iguassú a margem oriental da zona, dirigindo-se para leste, circumda as cabeceiras do rio Uruguay chegando a apontar no cume da Serra do Mar no sul do estado de Santa Catharina e norte do Rio Grande do Sul.

Esta margem é marcada por uma bem pronunciada escarpa que constitue feição topographica tão saliente que recebe a denominação popular de serra, como Serra de Araraquara, de Botucatú, da Espe-

---

(1) Francisco de Paula Oliveira. *Subsidios ao estudo da geologia do Brasil.* p. 22, Curityba, 1917.

rança, etc. Esta escarpa conserva a elevação geral de cerca de 1000 metros e dá accesso a uma chapada de nivel quasi uniforme, salvo as profundas depressões dos valles que a atravessam. Em frente da escarpa apresentam-se frequentemente massas destacadas da chapada, de fórma caracteristica bem expressa nos nomes populares de « morros de chapeu » e « cuscuzeiros ». Esta linha de escarpas e de cuscuzeiros assignala evidentemente uma zona de falhas de notavel extensão e importancia. E' ao longo desta zona que se encontram as mais extensas e espessas massas eruptivas, se bem que estas se apresentem com maior ou menor frequencia por toda a região triassica.

Passando da bacia do Paraná para a do Uruguay, a linha de escarpas acompanha proximamente as margens da bacia deste rio de maneira a vir formar o prolongamento da linha orographica da Serra do Mar, até proximo á cidade de Porto Alegre, onde dobra para o oeste e atravessa todo o Estado do Rio Grande do Sul correndo parallelamente ao curso dos rios Jacuhy e Ibicuhy. Ao sul desta linha os depositos triassicos cobrem grande parte do estado do Rio Grande do Sul e da Republica do Uruguay, porém em nivel mais baixo e com a superficie mais desfeita pela denudação.

Na parte central da bacia do Paraná as camadas triassicas desapparecem, nas partes mais elevadas da chapada, debaixo de uma formação mais recente, mas continuam nas encostas e nos fundos dos valles onde as numerosas cachoeiras são formadas pelos seus resistentes lençóes de rocha eruptiva. A oeste do Paraná estas camadas surgem outra vez na superficie geral da chapada, formando grande parte do espigão entre os rios Paraná e Paraguay no sul dos estados de Goyaz et Matto-Grosso e na Republica do Paraguay.

As areas da zona triassica em que afflóram as rochas sedimentarias, que são quasi exclusivamente arenitos, apresentam um solo arenoso revestido geralmente por vegetação campestre. As areas em que afflóram as rochas eruptivas apresentam, pelo contrario, um solo reputado extremamente fertil e geralmente revestido por frondosas florestas. Este solo (como o das areas permianas proveniente da decomposição de rochas semelhantes) é fortemente colorido em vermelho por oxido de ferro donde lhe vem a sua denominação popular « terra roxa ». Devido

em parte ás suas excellentes qualidades chimicas e physicas e em parte ao facto que, em regra geral, occupam posições elevadas que as põem em abrigo das fortes geadas, as terras roxas são as preferidas pelos lavradores de café do estado de São Paulo onde a prosperidade dos afamados centros cafeeiros de Ribeirão Preto, Jahú, S. Manoel, Botucatú, etc., attestam as suas qualidades superiores.

Fóra das bacias do Paraná e Uruguay não se tem identificado com o mesmo grau de probabilidade rochas triassicas no Brasil. No estado de Sergipe se apresentam ao longo do rio Piauhy na visinhança da cidade de Estancia, arenitos vermelhos que têm sido referidos ao triassico em virtude da sua posição em baixo de camadas fossiliferas da idade cretacea.

Ultimamente, porém, fosseis fôram descobertos no estado da Bahia que parecem provar que esta serie seja da idade permiana. Sobre estas rochas vede pagina 328.

E' bem possivel que na bacia do Amazonas na parte superior ou média dos cursos dos rios Araguaya, Xingú e Tapajós, haja uma zona triassica correspondente á da parte semelhante da bacia do Paraná, mas sobre isto nada se sabe de positivo, salvo o facto referido por Hebert Smith que ao norte da villa da Chapada de Matto-Grosso existe uma chapada donde se tem extrahido ossos fosseis. Pela sua posição em seguida ás camadas devonianas, as camadas que compõem esta escarpa correspondem, de alguma maneira, ás escarpas da bacia do Paraná, nas quaes se encontram rochas permianas e triassicas. Em qualquer uma destas formações não seria de estranhar a presença de ossos fosseis, mas até conhecel-os melhor não se póde determinar sua idade exacta.

Na parte occidental dos estados de Minas Geraes e de S. Paulo, tem-se notado ultimamente que na parte superior da serie de camadas referidas até agora á idade triassica faltam as erupções diabasicas caracteristicas da parte inferior, sendo porém, substituidas por outras de caracter basaltico. Estas ultimas por emquanto só são conhecidas na fórma de depositos de cinzas que parecem ter sido expellidas de verdadeiros centros vulcanicos. Ao lado dessa mudança no caracter das erupções e dos seus productos nota-se tambem uma tendencia nas rochas sedimentarias para se tornarem mais conglomeraticas, argilosas e calca-

reas, havendo em alguns pontos verdadeiros calcareos com caracteristicos de depositos em agua doce, que embora impuros se prestam para o fabrico de cal. Julga-se, portanto que, aqui existe uma formação geologica independente da triassica typica, cuja idade deve ser triassica superior, ou mais provelmente post-triassica.

Por emquanto esta formação só tem sido reconhecida na região entre Uberada e Bagagem no estado de Minas Geraes e nas de Jaboticabal, Ribeirãozinho e S. Paulo dos Agudos no de S. Paulo, sendo provavel que cubra uma area extensa na parte central da bacia do Paraná, estendendo-se talvez para os estados vizinhos de Goyaz e Matto-Grosso. Perto de Uberaba esta formação attinge a espessura de cerca de 250 metros e fórma uma escarpa semelhante a que margea a zona triassica. Em S. Paulo dos Agudos a espessura é menor mas a margem da zona é egualmente escarpada.

Um dos depositos de cinzas vulcanicas, em Agua Suja, perto do Bagagem no estado de Minas Geraes é diamantifero apresentando assim na sua idade geologica e no caracter das suas rochas, muito maior analogia com a afamada região diamantifera da Africa Austral do que com as da parte central dos estados de Minas Geraes e Bahia no Brasil.

Na mesma região tem-se reconhecido uma outra serie eruptiva caracterisada por rochas (syenitos, phonolitos e basaltos) contendo os mineraes nepheline et leucite. Associadas com as rochas massiças ha verdadeiras tufas que mostram que as erupções eram explosivas, isto é, vulcanicas no sentido restricto. A idade destas erupções não póde ser determinada exactamente, mas é certo que as de Ipanema e Poços de Caldas nos estados de S. Paulo e Minas Geraes eram post-permianas, sendo de presumir que fôram proximamente contemporaneas ás dos outros pontos conhecidos, que são : Jacupiranga e Ilha de S. Sebastião no Estado de S. Paulo; Ilha do Cabo Frio, Serra de Tinguá e Serra da Mendanha no do Rio de Janeiro ; Serra de Itatiaya e Serra do Picú no de Minas Geraes e Pão de Assucar no de Matto-Grosso (1).

---

(1) Orville A. Derby. *On nepheline, rocks in Brazil. Quarterly Journal of the Geological Society.* Vol. XLIII, pags. 457-473; vol. XLVII, pags. 261-265. London, 1887 a 1891.

JURASSICO

As rochas jurassicas tomam o seu nome das montanhas Jura na Suissa. Durante os tempos jurassicos os cephalopodes culminaram; os reptis fôram muito abundantes, alguns sendo alados, e muitos delles fôram de tamanho enorme. As primeiras aves conhecidas no estado fossil provêm das rochas desta idade, e algumas destas aves tinham dentes.

Na America do Norte os vieiros auriferos das montanhas de California acham-se principalmente nas rochas de idade jurassica.

No Brasil não se conhece definitivamente rochas da idade jurassica. Entre os fosseis encontrados nas rochas cretaceas do estado de Sergipe existem alguns cujo aspecto é jurassico mas a preponderancia da evidencia mostra que o conjuncto das camadas reunidas pertencem á idade cretacea. E' porém bem possivel que estudos mais detalhados da geologia do estado de Sergipe revelará a presença de rochas jurassicas nesta parte do Brasil. Tambem alguns dos reptis e peixes da bacia d'agua doce da Bahia, referida á cretacea apresentam um aspecto jurassico.

É mesmo provavel que a maior parte da serie São Bento referida á pagina 326 pertença ao jurassico inferior; mas por emquanto faltam fosseis para confirmar esta correlação.

Conforme as determinações e estudos feitos pelos paleontologistas e tratados no relatorio de I. C. White sobre a geologia da região de carvão no sul do Brasil, o grande lençol de rochas eruptivas dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catharina, Paraná, S. Paulo e Matto Grosso é de idade jurassica. Esta opinião, porém, basea-se sobre o facto de os reptis fosseis do rio do Rasto serem clasificados como triassicos, e que o arenito de Botucatú segue com uma espessura de duzentos metros, e que as lavas são ainda mais novas.

Ao longo do rio Grande no estado de S. Paulo Dr. G. Florence achou « a borda do immenso lençol de trapp (diabase intercalada no

grez de Botacatú) «, mostrando que uma parte pelo menos das lavas desta area, é de idade jurassica (1).

Sendo possivel que ainda se venha a descobrir no Brasil camadas fossiliferas da idade, jurassica damos duas estampas representando alguns dos fosseis mais caracteristicos das camadas desta idade que se apresentam nas partes mais proximas do continente, isto é, na Republica Argentina (2).

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS DE FOSSEIS JURASSICOS

85 a e 85 b. *Haploceras faculatum* Steuer. Vista da frente e do lado. Cieneguita na parte occidental do estado de Mendoza, Republica Argentina.

86 a e 86 b. *Odontoceras nodulosum* Steuer. Vista da frente e do lado. Cieneguita na parte occidental do estado de Mendosa, Republica Argentina.

87 a e b. *Reineckeia microcantha* Oppel. Vista da frente e do lado. Loncoche e Arroyo la Manga no estado de Mendoza, Republica Argentina.

88 a e b. *Hoplites vetusus* Steuer. Vista da frente e do lado. Cieneguita, Estado de Mendoza, Republica Argentina.

89 a e 89 b. *Phyloceras torulosum* Tornquist. Vista da frente e do lado. Dos Andes na parte occidental do estado de San Juan, Republica Argentina.

90 a e 90 b. *Sonninia subdeltafalcata* Tornquist. Vista da frente e do lado. Espinazito-Pass, estado de San Juan, Republica Argentina.

91 a e 91 b. *Sphaeroceras extremum* Tornquist. Uma amostra pequena, vista da fr nte e do lado. Espinazito-Pass, estado de San Juan, Republica Argentina.

92 a e 92 b. *Stephanoceras sphaeroceroides* Tornquist. Vista do lado e uma secção transversal vista da frente. Espinazito-Pass, estado de San Juan, Republica Argentina.

CRETACEO

O nome cretaceo (do Latim *creta*) foi dado ás camadas desta idade por causa da greda, ou giz, da Inglaterra, que pertence a esta

(1) G. Florence. *Explorações do Rio Grande*, pag. 32. S. Paulo, 1913.

(2) A. Steuer. *Argentinische Jura-Ablagerungen*. Palaeontologische Abhandlungen N. F. Bd. III, Jena, 1897, Heft 3.

A. Tornquist: *Der Dogger am Espinazito-Pass*. Pal. Abhand. N. F. Bd. VII, Heft 2, Jena, 1898.

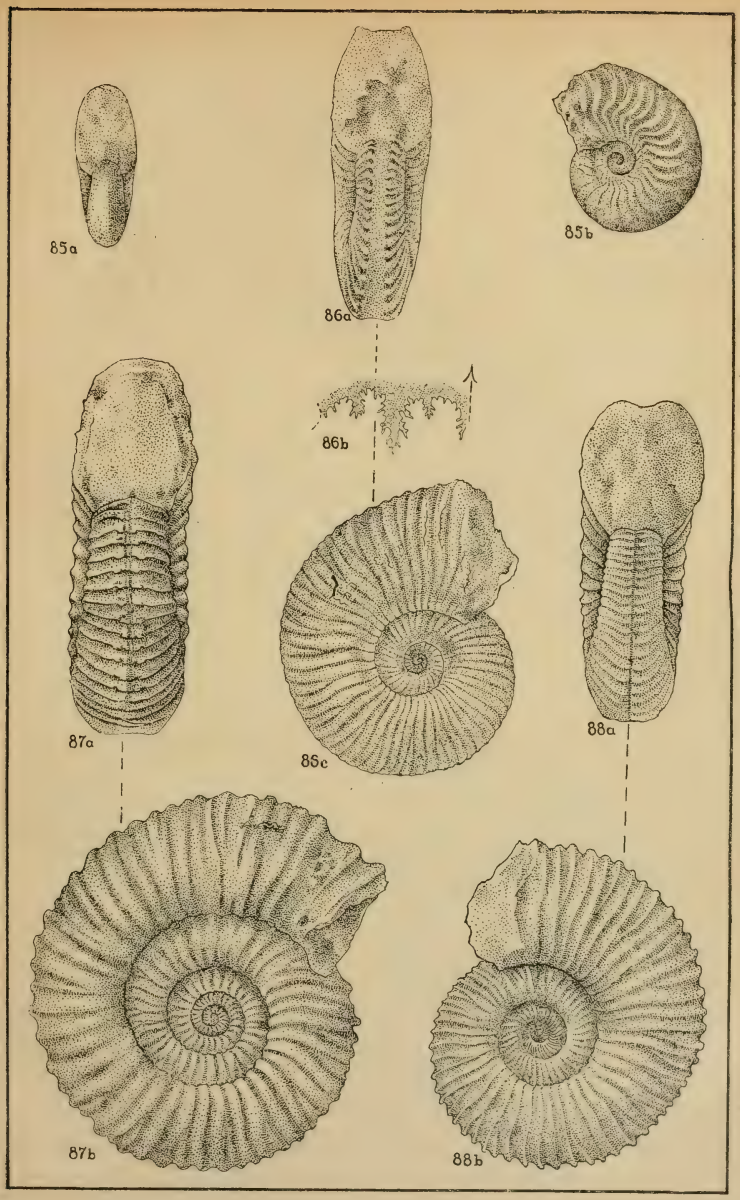


Fig. 149. — Fosseis jurassicos caracteristicos.

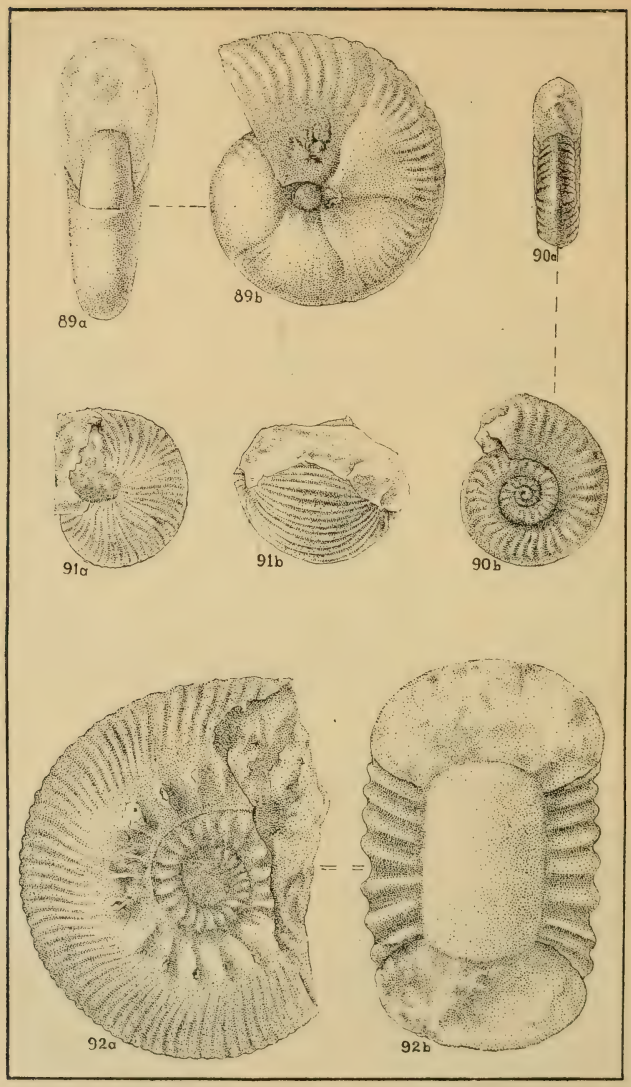


Fig. 150. — Fosseis jurassicos caracteristicos.

serie. Os fosseis mostram mudanças notaveis na vida vegetal do periodo sendo assignalado pelo primeiro apparecimento de palmeiras e de plantas dicotyledonias. Abundaram os peixes com esqueletos osseos, bem como crocodilos e outros reptis dos quaes alguns eram de tamanho enorme e de fórmas extravagantes como se vê na figura junta.

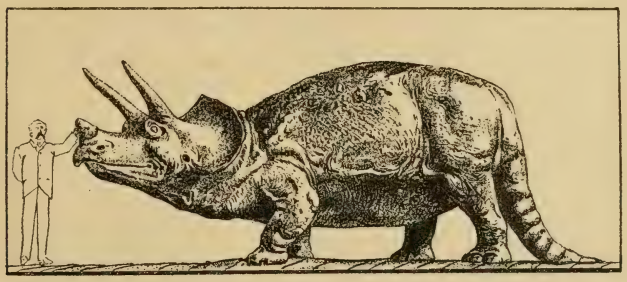


Fig. 151. — *Triceratops prorsus*, Marsh, um reptil gigantesco tendo chifres e bico como o da tartaruga. Das camadas cretaceas da America do Norte.

Como nos tempos jurassicos algumas das aves tinham dentes.

Na Europa as camadas cretaceas consistem frequentemente de greda, mas na parte occidental da America do Norte extensas camadas de carvão apresentam-se entre as rochas desta idade. Em alguns pontos do estado de Colorado o carvão cretaceo tem sido alterado em anthracito.

No Brasil as rochas cretaceas acham-se distribuidas ao longo da costa desde os Abrolhos até o Amazonas : na bacia amazonica até perto do sopé dos Andes, e sobre uma grande area do planalto central abrangendo grande parte das bacias dos rios S. Francisco, Parnahyba, Tocantins (?) e outros adjacentes além de uma area extensa no valle do Paraná. Apresentam-se nestas diversas regiões differenças nos seus caracteres e fosseis de modo que não se póde por emquanto estabelecer correlações entre ellas e por isso convem tratal-as separadamente.

Os arenitos de Baurú, assim denominados por Gonzaga de Campos, são as camadas mais novas do oeste de S. Paulo, onde sobrepõem-se

as rochas eruptivas e fórmam os cumes das serras, chapadas, e morros.

A rocha é um arenito molle, calcareo, mui pouco resistente, de estratificação quasi horizontal, e tem a espessura de cem a 150 metros (1). Esta formação é a rocha superficial da maior parte do estado de S. Paulo a oeste de Lençóes, Beriry, e Monte-Alto. Fosseis de animaes vertebrados achados nestes arenitos parecem provar que elles pertencem á idade cretacea (2) ou mais exactamente ao Wealden de Inglaterra, que é a formação de passagem entre o jurassico e cretaceo. Camadas que parecem occupar a mesma posição geologica fóram notadas por Dr. Lisboa no sul de Matto Grosso.

As rochas das ilhas dos Abrolhos foram referidas ao cretaceo por Hartt, mas esta determinação é muito duvidosa. Os unicos fosseis conhecidos daquellas ilhas são fragmentos indeterminaveis que « parecem escamas de peixes » (3).

As camadas sedimentarias são ali sotopostas ás rochas eruptivas, e por isso parece possivel, ou até provavel, que as camadas sedimentarias sejam mais antigas que o cretaceo. Pelo menos não se conhece outro lugar no Brasil onde rochas eruptivas cortam rochas mais novas que as jurassicas.

Ao longo do litoral as rochas de idade cretacea occupam bacias destacadas que penetram algumas dezenas de kilometros apenas no interior do continente e que, no geral, attingem alturas de poucas dezenas de metros apenas acima do nivel do mar. Partes destas bacias são occupadas por depositos de agua doce ou salobra, parte por depositos francamente maritimos. Em geral as camadas são ligeiramente perturbadas apresentando uma inclinação relativamente fraca para o mar que evidentemente tem invadido e destruido grande parte das bacias primitivas.

---

(1) Gonzaga de Campos. *Reconhecimento da zona comprehendida entre Baurú e Itapura*. S. Paulo, 1905, pags. 11-12.

(2) Joviano A. d'Am. Pacheco. *Geologia do valle do Rio Grande*. Commissão Geographica e Geologica de S. Paulo. S. Paulo, 1913, pags. 33-38.

(3) C. F. Hartt. *Geology and physical geography of Brazil*, p. 176. Boston, 1870.

Entre as bacias maritimas a melhor conhecida é a do estado de Sergipe, nas visinhanças das cidades de Maroim e Larangeiras, que se estende desde a Serra de Itabaiana até o mar, tendo porém as suas camadas

Fig. 152. — Secção mostrando a estructura geologica geral atravez da Serra da Itabaiana até o mar, no estado de Sergipe.

cobertas perto da costa por depositos mais recentes. (Vêde fig. 152).

Uma grande collecção de fosseis feita nesta bacia pela extincta

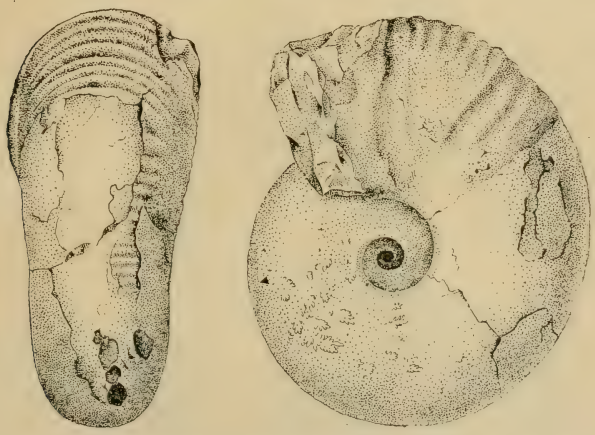


Fig. 153. — *Ammonites* (*Pachydiscus*) *hopkinsi* Forbes, das camadas cretaceas de Maroim, Sergipe. Metade do tamanho natural.

Commissão Geologica do Brasil foi descripta pelo Dr. C. A. White (1) que identificou 48 especies de lamellibranchios, 17 de gasteropodes, 14 de cephalopodes e 11 de echinodermes.

---

(1) C.-A. White. *Contribuições á Paleontologia do Brasil.* Archivos do Museu Nacional, vol. VII. Rio de Janeiro, 1887.

Com referencia a esta fauna o Dr. White observa: « As collecções até agora feitas no Brasil indicam que existe naquelle paiz uma fauna cretacea que não é excedida em interesse e importancia pela de qualquer outra parte do mundo. »

Fig. 154. — *Ammonites (Hoplites) offarcinatus* White, das camadas cretaceas de Maroim, Sergipe. Metade do tamanho natural.

Alguns dos mais caracteristicos destes fosseis são representados nas figs. 153 a 156. Entre elles os cephalopodes são especialmente interessantes por apresentarem, como já referido, certas affinidades com os fosseis correspondentes da idade jurassica.

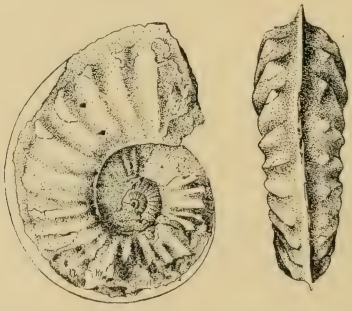


Fig. 155. — *Ammonites (Schloenbachia) sergipensis* White, das camadas cretaceas de Maroim, Sergipe. Metade do tamanho natural.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS DE FOSSEIS CRETACEOS

93 a. *Ostra palmella* Sowerby. Vista interna, tamanho natural. Lastro, Maroim, Sergipe.

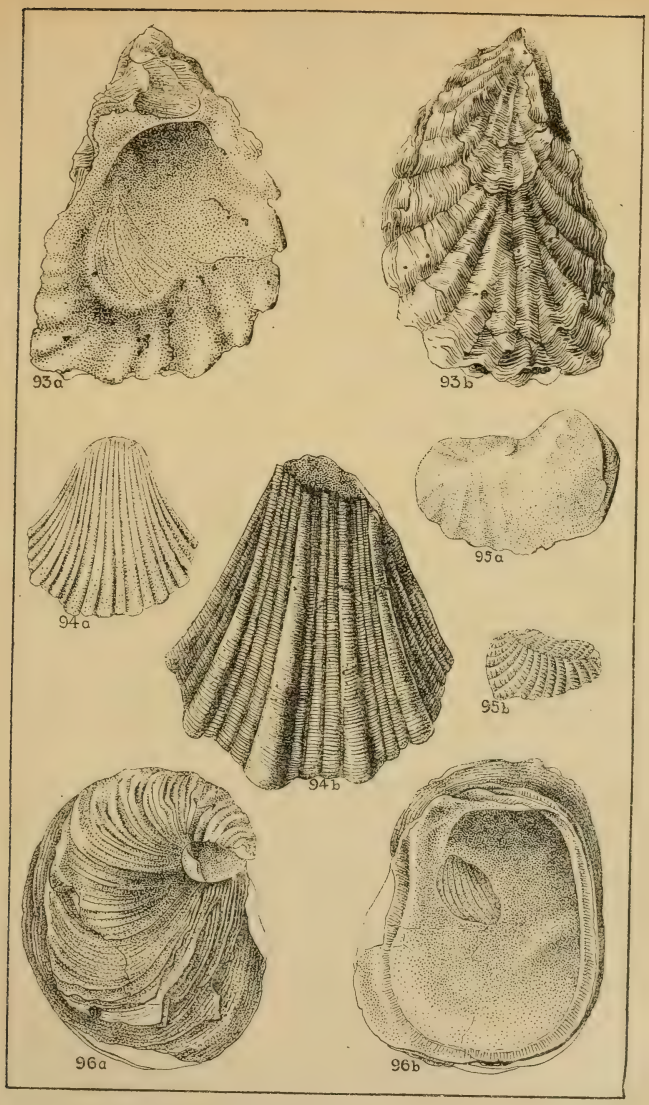


Fig. 156. — Fosseis caracteristicos das camadas cretaceas do estado de Sergipe.

93 b. *Ostra palmella* Sowerby. Vista externa da valva inferior, tamanho natural. Lastro, Maroim, Sergipe.

94 a. *Neithea quadricostata* Sowerby. Vista externa de uma pequena valva direita faltando a parte umbonal, tamanho natural. Lastro, Maroim, Sergipe.

94 b. *Neithea quadricostata* Sowerby. Vista semelhante de uma grande valva direita, tamanho natural. Lastro, Maroim, Sergipe.

95 a. *Trigonia subcrenulata* d'Orbigny. Molde natural do interior de uma valva direita, tamanho natural. Porto dos Barcos, Larangeiras, Sergipe.

95 b. *Trigonia subcrenulata* d'Orbigny. Fragmento da superficie de uma valva esquerda, mostrando o caracter das costellas transversaes, tamanho natural. Lastro, Maroim, Sergipe.

96 a e b. *Exogyra ostracina* Lamark? Vista externa e interna de uma valva inferior; tamanho natural. Lastro, Maroim, Sergipe.

Na costa do estado da Bahia a unica localidade até agora conhecida que tem fornecido fosseis cretaceos maritimos é perto da barra do pequeno rio Marahú onde recentemente se tem reconhecido rochas muito semelhantes ás da bacia de Sergipe e contendo alguns dos mesmos fosseis entre estes o representado na figura 94[b] na pagina 345 (1).

Uma importante collecção de peixes fosseis feita perto de Ilheos no estado da Bahia por Dr. Ennes de Souza tem contribuido muito para nosso conhecimento do cretaceo da costa do Brasil. Os fosseis são conservados num folhelho bituminoso muito parecido com os folhelhos de Marahú. Professor A. Smith-Woodward que descreveu a collecção diz (2) que os fosseis são da idade cretacea inferior (Wealden) como os da propria Bahia, e que incluem tambem fórmas jurassicas. As fórmas descriptas por elle na lista de Ilheos são: *Mawsonia minor* S. W., *Lepidotus Souzai* S. W., e *Scombroclupea scutata* S. W.

Na figura junta mostrando a distribuição do terciario ao longo da costa norte do Brasil, o cretaceo daquella zona não está descriminado:

---

(1) Gonzaga de Campos. *Reconhecimento geologico, e estudo de substancia bituminosa da bacia do rio Marahù, estado da Bahia.* S. Paulo, 1902.

(2) A. Smith-Woodward. *Quar. Journal, Geological Society London*, vol. 64, 358-362, London, 1908.

mas é provavel que se sobpoe ao terciario em muitos lugares, embora não em todos.

Os estudos de Gonzaga de Campos mostram que na região visinha a Marahú o cretaceo repousa directamente sobre as rochas crystallinas do complexo brasileiro, que os folhelhos bituminosos de Marahú são da idade terciaria e sobrepoem ao cretaceo, e que as duas series têm uma inclinação suave (de dois para vinte graus), variavel, mas geralmente na direcção do oceano.

Esta bacia cretacea, porém, é de pequenas dimensões, a largura não passando de doze kilometros na latitude de Marahú.

Na chapada central do sul de Matto Grosso e nos picos de Serrinha, Dr. Lisboa achou certas camadas sedimentarias que elle refere á idade cretacea, mas com duvidas (1).

Logo ao norte da bacia pernambucana vem a da Parahyba do Norte que tem sido reconhecida desde o morro sobre o qual se assenta a cidade até a estação do entroncamento na estrada de ferro que se dirige para o interior, não se sabendo a sua extensão ao longo da costa (vêde mappa na pag. 367). Os poucos fosseis aqui conhecidos são de typos caracteristicamente cretaceos. São uma especie de cephalopode do genero *Sphenodiscus*, um carangueijo (*Zanthopus cretacea* Rathbun) e um peixe do genero *Cimolichthys* (2). A seguinte é uma lista completa dos fosseis até agora descriptos das camadas marinhas consideradas como cretaceas distribuidas pelas diversas bacias do Maroim e Estancia.

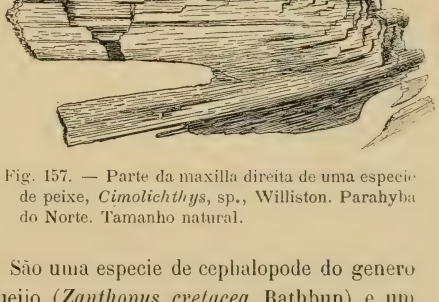


Fig. 157. — Parte da maxilla direita de uma especie de peixe, *Cimolichthys*, sp., Williston. Parahyba do Norte. Tamanho natural.

(1) M. A. R. Lisboa. *Oeste de S. Paulo, Sul de Matto Grosso*, pags 64-65. Rio de Janeiro, 1910.

(2) J. C. Branner. *Geology of the northeast coast of Brazil. Bulletin of the Geological Society of America*, XIII, 41-98. 1904.

FOSSEIS	SERGIPE	
	Maroim	Estancia
LAMELLIBRANCHIOS.		
Ostra distans White		
— invalida White	X	
— maroimensis White	X	
— wegmanniana d'Orbigny		X
— (Alectrionia) palmetta Sowerby	X	
Exogyra ostracina Lamark (?)	X	
— conica Sowerby		X
— mutatoria White	X	
Anomia laevigata Sowerby	X	
Pecten collapsus White	X	
Neithea quadricostata Sowerby	X	
— sergipensis White	X	
Comptonectus placitus White	X	
Lima interlineata White	X	
— (Limatula) turgidula White	X	
— (Plagiostoma) derbyi White	X	
— (Ctenostreon?) praetexta White	X	
— (Ctenostreon) sp	X	
Plicatula modioloides White	X	
— tenuirostrata White		X
Pteria linguiformis Evans & Shumard	X	X
— infelix White	X	
Posidonomya sp	X	
Gervillia dissita White	X	
Aucella brasilensis White	X	
Pinna sp	X	
Volsella maroimensis White	X	
Myoconcha decliva White	X	
Arca textilicostata White		
— paraensis White		
Barbatia disclusa White	X	
Cucullæa subcentralis Rathbun	X	
Axinaea piabensis White		X
Trigonia subcrenulata d'Orbigny	X	
Crassatella maroimensis White	X	
Opis (?) maroimensis White	X	
Isocardia supermensa White	X	

FOSSEIS	SERGIPE	
	Maroim	Estancia
Isocardia branneri White	X	
— coutinhoana White	X	
— praecisa White	X	
Trapezium insepultum White	X	
Cardium paraense White		
— (Neocardium) brasilensis White	X	
— — indistinctum White		
Callista obscurata White	X	
Dosinia brasilensis White	X	
Tellina pernambucencis Rathbun	X	
— paraensis White	X	
Anatina (Cercomya) putatoria White	X	
Pholadomya (?) sp	X	
Myacites retugium White	X	
— bisinuosus White	X	
Homomya profunda White	X	
Liopistha (Cymella) sergipensis White	X	
Corbula chordata White	X	
Glycimeris rathbuni White	X	
— brasilensis White	X	
GASTEROPODES		
Fasciolaria sp	X	
Cerithium thoas White	X	
— spiculatum White	X	
Mesalia hebe White	X	
Anchura infortunata White	X	
Lyosoma squamosa White	X	
Natica bulbulus White	X	
Lunatia subhumerosa White	X	
Euspira pagoda Forbes	X	
Prisconatica praelonga Leymarie	X	
Tylostoma torrubriæ Sharpe	X	
— minimum White	X	
— materinum White	X	
Tylostoma globosum Sharpe (?)	X	
Scalaria pyrene White	X	
Turbo portentus White	X	

FOSSEIS	SERGIPE	
	Maroim	Estancia
Ringinella pinguiscula White	X	
Akeria brownii White	X	
POLYZOA.		
Lunulites piliolus White	X	
CEPHALOPODES.		
Ammonites pedroanus White	X	
— hopkinsi Forbes (?)	X	
— bistrictus White	X	
— planulatus Sowerby	X	
— offarcinatus White	X	
— folleatus White	X	
— sergipensis White	X	
— buarqueanus White	X	
— maroimensis White	X	
— tectorius White	X	
— (Buchiceras) harttii Hyatt	XX	
Helicoceras hystriculum White		
ECHINODERMES.		
Cidaris branneri White	X	
Phymosoma binexilis White	X	
— brasilensis White		X
— sp.		X
Cottaldia australis White	X	
Salenia sergipensis White	X	
— similis White	X	
Holectypus pennanus White	X	
Conoclypus nettoanus White	X	
Echinobrissus freitasi White	X	
Catopygus aequalis White	X	
Hemisaster cristatus Stoloczka	X	
Uraster sp.	X	
PEIXES.		
Cimolichthys sp Williston	Parahyba do Norte	
CRUSTACEOS.		
Zanthopus cretacea Rathbun	Parahyba do Norte	

Nas ilhas e margens da bahia de Todos os Santos apresentam-se camadas de conglomerados, arenitos e folhelhos contendo restos de reptis e peixes associados com molluscos de agua doce, crustaceos bivalvos (Entomostracos) e fragmentos de madeira que indicam que os depositos se formaram numa bacia de agua doce. Esta bacia tem sido descripta com alguma minudencia por Allport (1), Hartt (2) e Rathbun (3). Parece occupar uma depressão synclinal entre as lombadas de rochas

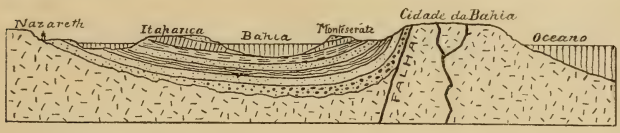


Fig. 158. — Secção hypothetica atravez da bacia da Bahia.

crystallinas da Bahia e Nazareth, sendo deprimida abaixo da primeira ao longo de uma falha, conforme se vê na figura junta.

A existencia de madeiras carbonizadas nestas camadas tem dado lugar a diversas explorações em busca de carvão, especialmente na ilha de Itaparica, mas só se encontram ali pequenos fragmentos destacados que muitas vezes são transformados em azeviche.

Entre os restos de reptis achados nesta bacia bahiana, Marsh (4) identificou uma especie de crocodilo (*Goniophilis harttii* Marsh) e de Dinosauro (*Thoracosaurus bahiensis* Marsh) e Woodward (5) julgou reconhecer ossos de Plesiosauros e Pterosauros (reptis alados).

Estes, como os peixes ganoides (*Lepidotus mawsoni* Woodward e

---

(1) S. Allport. *On the discovery of some fossil remains near Bahia in South America. Quarterly Journal of the Geological Society*, vol XVI, pags 263-266. London, 1860.

(2) Ch. Fred. Hartt. *Geology and physical geography of Brazil.* Boston, 1870.

(3) Ricardo Rathbun. *Observações sobre a geologia. Aspecto da ilha de Itaparica na bahia de Todos os Santos.* Archivos do Museu Nacional, vol. III, pags 159-183. Rio de Janeiro, 1878.

(4) O. C. Marsh. *Notice of some new reptilian remains from the Cretaceous of Brazil. Americam Journal of Science.* vol. XCVII, pp. 390-392. New Haven, 1869.

(5) A. Smith Woodward. *Evidence of the occurrence of Pterosaurians and Plesiosaurians in the Cretaceous of Brazil discovered by Joseph Mawson. Annals and Magazine of Natural History.* vol. VIII, pp. 314-317. London, 1891.

Megalurus mawsoni Woodward typo jurassico (1), e tubarões (*Acrodus nitidus* Woodward), representam typos que podiam ser de idade jurassica, mas os outros peixes (*Diplomystus longicostatus* Cope (2) *Chiromystus mawsoni* Cope) são considerados como caracteristicos da idade cretacea.

A fauna inteira indica o principio da idade cretacea (3).

Na memoria já citada o Dr. C. A. White descreveu e figurou as seguintes especies de molluscos de agua doce provenientes desta bacia: *Lioplacoides* (*Paludina*) *williamsi* Hartt; *Pleurocera* (*Melania*) *terebriformis* Morris; *Neritina prolabiata* White; *Planorbis* (*Gyraulus*) *monserratensis* Hartt; *Sphaerum ativum* White; *Anadonta* (?) (*Unio*) *totium-sanctorum* Hartt; *A* (?) *harttii* White; *A*, (?) *mawsoni* White, e *A*. (?) *allporti* White. Com referencia a estes fosseis o Dr. White observa que todos os typos genericos são representados entre os molluscos ainda existentes. Esta circumstancia dá á fauna um aspecto relativamente moderno e se não fôssem os fosseis vertebrados, as camadas podiam com certa plausibilidade ser referidas á idade terciaria.

Os entomostracos da mesma região, descriptos pelo Sr. Rupert Jones (4), são os seguintes: *Cypris* (?) *conculcata* Jones; *C*, (?) *monteserratensis* Jones: *C*. (?) *allportiana* Jones; *Candona candida* Mul-

---

(1) A. Smith Woodward. *Note on some Vertebrate Fossils from the Province of Bahia, Brazil, collected by Joseph Mawson. Annals and Magazine of Natural History*, vol. V. pp. 132-136. London, 1888.

(2) Joseph Mawson and A. S. Woodward. *On the cretaceous of Bahia*. Q. J. G. S. LXIII, 128-139. London, 1907.

A. Smith Woodward. *On an Amoid fish Megalurus mawsoni, sp. n. from the Cretaceous of Bahia, Brazil. Annals and Magazine of Natural History*, vol. IX, pp. 87-89. London, 1902.

(3) E. D. Cope. *A contribution to the vertebrate palaeontology of Brazil. Proceedings of the American Philosophical Society*, vol XXIII, Philadelphia, 1866.

A. Smith Woodward. *On two deep-bodied species of the Clupeoid genus Diplomystus. Annals and Magazine of Natural History*, vol. XV, pp. 1-3. London 1895.

(4) T. Rupert Jones. *Note on the fossil Entomostraca from Monserrate. Bahia. Quarterly Journal of the Geological Society*, vol. XVI, pp. 266-268. London, 1860.

T. Rupert Jones. *On some fossil Entomostraca from Brazil. Geological Magazine*, vol. IV, pp. 195-202 e 289-233. London, 1897.

ler; *Estheriina brasiliensis* Jones; E. *expansa* Jones; *E. asteroides* Jones, e E. *mawsoni* Jones.

Ao sul da cidade da Bahia nas margens do rio Marahú, Gonzaga de Campos refere a occurrencia de camadas de arenito contendo madeiras carbonizadas que elle julga ser identicas ás rochas semelhantes da vizinhança da Bahia. Mais ao sul nas vizinhanças da lagôa da Itahype perto de Ilhéos existem folhelhos bituminosos com fragmentos de azeviche e peixes fosseis semelhantes aos da bacia da Bahia. Ao que parece estes depositos de agua doce da bacia de Marahú occupam um horizonte geologico superior ao das camadas com fosseis marinhos da mesma bacia.

Nas ilhas dos Abrolhos apresentam-se camadas de arenito (vêde fig. 75 e 76 p. 223) e folhelhos contendo restos obscuros de plantas e peixes que são presumivelmente semelhantes ás das bacias de terra firme acima descriptas (1). Associado com estas camadas acha-se um lençol de rocha eruptiva de typo diabasico, um essexite ou olivene-gabbro diabase.

No planalto central do Brasil as camadas cretaceas apresentam-se com a espessura de cerca de 300 metros formando chapadas que caracterisam especialmente a região entre o rio São Francisco e os rios Jaguaribe, Parnayba e Tocantins. Entre estas chapadas a mais bem conhecida é a da Serra de Araripe no extremo sul do estado do Ceará em cuja base se encontram concreções calcareas contendo peixes fosseis bellamente conservados (2). Uma ramificação para o sul desta chapada é cortada pelo rio São Francisco acima da cachoeira de Paulo Affonso e ahi consiste de camadas de folhelhos marnosos e gypsiferos cobertas por possantes camadas de arenito (3).

Os peixes fosseis do Ceará vêm principalmente do districto de

---

(1) Ch. Fred. Hartt. *Geology and physical geography of Brazil*, pp. 174-179. Boston, 1879.

(2) George Gardner. *Geological notes made during a journey from the coast into the interior of the province of Ceará in the north of Brazil embracing an account of a deposit of fossil fishes. Edinburgh New Philosophical Magazine*, vol. 30 pp. 75-82. Edinburgh, 1841.

George Gardner. *Travels in the interior of Brazil*. London, 1846.

(3) Orville A. Derby. *Contribuição para o estudo da geologia do valle do rio S. Francisco.* Archivos do Museu Nacional, vol. 4 pp. 87-119. Rio de Janeiro, 1881.

Jardim na base sul da serra de Araripe, mas têm sido transportados, como objectos de curiosidade, para grande parte do norte do Brasil e assim vem referidos a um grande numero de localidades das quaes algumas são provavelmente verdadeiras, sendo, porém, uma parte evidentemente erroneas.

Esses peixes fosseis fôram encontrados pela primeira vez em 1840 por George Gardner, botanico inglez, que estava explorando o interior do Brasil, e descriptos originalmente por L. Agassiz (1) sob cinco generos e seis especies. Só no anno 1907 foi feita uma collecção mais completa por Francisco Dias de Rocha de Ceará, e descripta por Dr. D. S. Jordan (2). Um pouco mais tarde collecções importantes fôram feitas pelos geologos do serviço geologico e da Inspectoria de Obras contra as Seccas, e descriptas por Dr. D. S. Jordan cujo relatorio ainda não sahiu do prelo, mas já está nas mãos do Serviço Geologico do Brasil. Os lugares onde os peixes fosseis fôram encontrados são: Jardim, Riachão, Simões e Sant'Anna do Cariry. A seguinte é a lista completa de todos os peixes fosseis achados naquella região: *Vinctifer comptoni*, *Lepidotus temnurus*, *Tharrias araripis*, *T. rochae*, *Brannerion vestitum*, *Calamopleurus brama*, *Rhacolepis buccalis*, *Enneles audax*, *Ennelichthys derbyi*, *Cladocyclus gardneri*, *Anaedopogon tenuidens*, *Dastilbe crandalli*.

Certas camadas desta serie contêm quantidades enormes de foraminiferos fosseis, mostrando claramente que estas formações são depositos marinhos.

Dr. H. L. Small, geologo da Inspectoria e Obras contra as Seccas disse, a respeito da geologia da Serra do Araripe, que aquella chapada é, por toda a parte, de arenitos e folhelhos em camadas approximadamente horizontaes, e sobrepostas ao granito e gneiss. Na extremidade occidental perto do S. Gonçalo, Simões, e Aldeia o granito está exposto numa altitude de 600 metros, e mais perto ao alto da chapada do que

---

(1) L. Agassiz. *On the fossil fishes found by Mr. Gardner. Edinburgh New Philosophical Journal*, XXX, 83. 1841.

(2) D. S. Jordan e J. C. Branner. *The Cretaceous fishes of Ceará Brazil. Smithsonian Miscellaneous Collection.* Washington, 1908.

no lado oriental na vizinhança de Crato que fica no arenito numa altitude de 400 metros.

As duas secções geologicas juntas, feitas por Dr. Small, dão uma boa idea da estructura geral da Serra do Araripe. No fundo a camada de arenito conglomeratico em certos lugares tem uma espessura de cin-

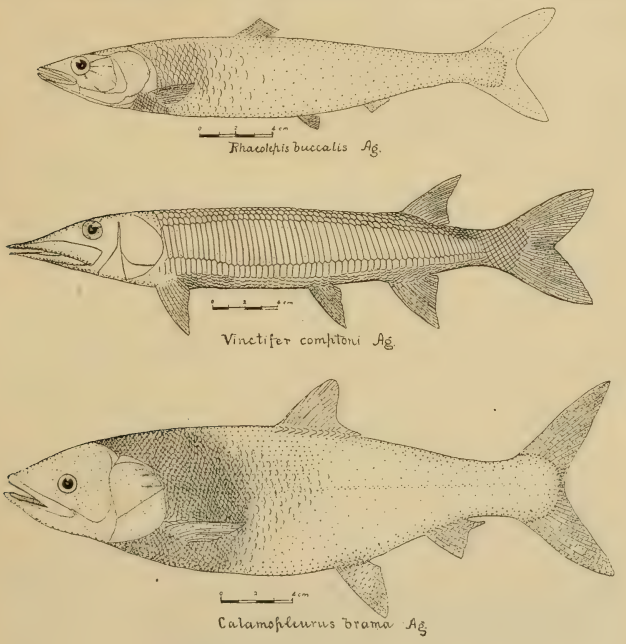


Fig. 159. — Rhacolepis, Vinctifer, e Calamopleurus, tres peixes cretaceos do Ceará restaurados. Figuras reduzidas da monographia do Serviço Geologico do Brasil.

coenta metros ; o arenito inferior que a sobrepoe tem uma espessura de cem metros, e o calcareo de Sant'Anna, que tem os peixos fosseis, tem a espessura de noventa metros. Em cima do calcareo umas camadas de arenito vermelho têm uma espessura total de trezentos metros ou mais e estas ultimas fórmam o cume da chapada.

Os fosseis conhecidos, mas ainda não descriptos, das camadas nas margens do São Franscisco são madeiras (inclusive grandes troncos de

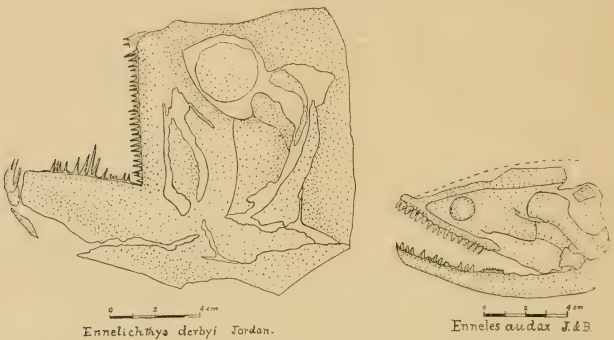
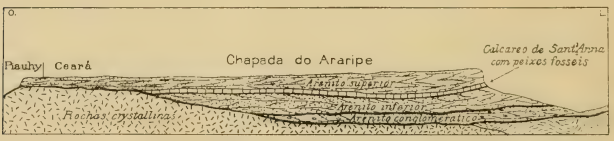
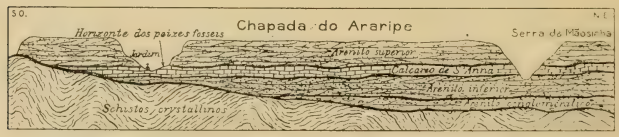


Fig. 160. — Cabeças de peixes cretaceos do Ceará. Figuras reduzidas do Serviço Geologico do Brasil.



Secção geologica mostrando a estructrua da Chapada do Araripe.
Conforme H. L. Small.



Secção geologica da Chapada do Araripe entre Serra da Mãosinha e Jardim.
Conforme H. L. Small.

Fig. 161.

arvores), dentes de tubarões, escamas de peixes (*Lepidotus*), crustaceos bivalvos. Parecem representar depositos em agua doce ou salobra.

Da região cretacea typica acima descripta estendem-se diversas cha-

padas que pela semelhança nos caracteres topographicos, parecem pertencer á mesma formação; supposição esta que se acha de certo modo confirmada pela occurrencia de madeiras petrificadas de typos que não pódem ser mais antigos de que a cretacea na região de Therezina no valle do Parnahyba e na de Indaia no do alto São Francisco (1). Uma destas chapadas com o nome de Serra de Apody estende-se na zona limitrophe entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte até o mar: outra com o nome de Serra de Ibiapaba estende-se do mesmo modo na zona limitrophe dos estados de Ceará e Piauhy e tambem alcança o mar, e ainda outra estende-se para o sul na região a oeste do rio São Francisco, apparecendo nas margens deste rio acima de São Romão e dahi acompanhando-as até perto das cabeceiras. Parece tambem provavel que parte das chapadas dos estados do Maranhão, Goyaz e Pará na bacia do Tocantins pertença á formação cretacea. Em diversos pontos as terras proximas ás chapadas são salinas devido presumivelmente á lixiviação de camadas saliferas existentes entre as das chapadas.

No valle do Amazonas Derby tem referido á cretacea as camadas de arenito de varios serrotes nas vizinhanças de Monte-Alegre e Obidos, baseando-se para isto na occurrencia de madeiras e folhas fosseis nos de Ereré e Paituna as quaes não pódem ser mais antigas do que esta idade (2).

Na parte superior do mesmo valle na região da fonteira com a Bolivia, Chandless achou nas margens do rio Aquiry (Acre) restos de uma especie de *Mosasaurus* que é um genero caracteristico da idade cretacea (3). Um grande crocodilo (*Dinosuchus terror* Gervais) (4) tem sido

---

(1) Orville A. Derby. *Nota sobre a geologia e paleontologia de Matto-Grosso.* Archivos do Museu Nacional, vol. IX, p. 68. Rio de Janeiro, 1895.

(2) Orville A. Derby. *Contribuições para a geologia do baixo Amazonas.* Achivos do Museu Nacional, vol II. Rio de Janeiro, 1879.

O artigo citado diz que provavelmente as camadas em questão não poderiam ser mais recentes do que o cretaceo por serem perturbadas. Mas a perturbação das camadas não tem nada com a idade geologica das rochas no Brasil e nas outras partes do mundo tão pouco.

(3) W. Chandless. *Notes on the river Aquiry, the principal affluent of the river Purus. Journal of the Royal Geographical Society,* vol XXXVII, p. 119. London, 1866.

(4) M. Paul Gervais. *Crocodile gigantesque fossil au Brésil. Journal de Zoologie,* vol. V. pp. 232-236. Paris, 1876.

descripto do estado do Amazonas, mas não se sabe bem da localidade exacta, nem se pertence á cretacea ou á terciaria. Parece provavel que os terrenos cretaceos serão encontrados occupando areas extensas nas regiões brasileiras proximas dos Andes.

Periodo Cenozoico.

Terciario. — O terciario foi dividido pelo geologo inglez Lyell, em eoceno, mioceno e plioceno conforme a percentagem de especies que ainda tem representantes na actualidade entre os seus molluscos fosseis. As camadas contendo entre os fosseis 50 a 90 °/₀ de especies viventes são chamadas pliocenas; as com 30 °/₀ são chamadas miocenas e as com 5 a 10 °/₀ apenas são chamadas eocenas.

O nome oligoceno é uma modificação importante proposta um pouco mais tarde por Beyrich (1) para incluir certos estratos anteriormente incluidos no eoceno superior e no mioceno inferior. Esta divisão é bem notavel na França, na Belgica, e na America do Norte, mas ainda não foi reconhecida como tal no Brasil.

A era terciaria é conhecida como a dos mammiferos, mas os mammiferos daquelle periodo estão todos extinctos. Alguns delles eram gigantescos. Abundaram as aves, e insectos, e entre as plantas as coniferas e palmeiras.

No Brasil as rochas terciarias cobrem uma zona estreita ao longo da costa desde as vizinhanças da Victoria no estado do Espirito Santo para o norte até o valle do Amazonas. Em diversos lugares esta zona é muito estreitada, ou mesmo completamente destruida. Em Ilhéos, por exemplo, não existem rochas terciarias na costa.

Porém na vizinhança de Marahú camadas terciarías de arenitos molles e com plantas fosseis sobrepoem-se ao cretaceo dos folhelhos bituminosos que contêm os peixes fosseis descriptos por Dr. Smith-Woodward. Ao norte de Ilhéos a zona continua estreita e quasi sem interrupção até ao valle do rio Amazonas.

---

(1) Monatsbericht. Akad. Berlin, 1854, 640-666.

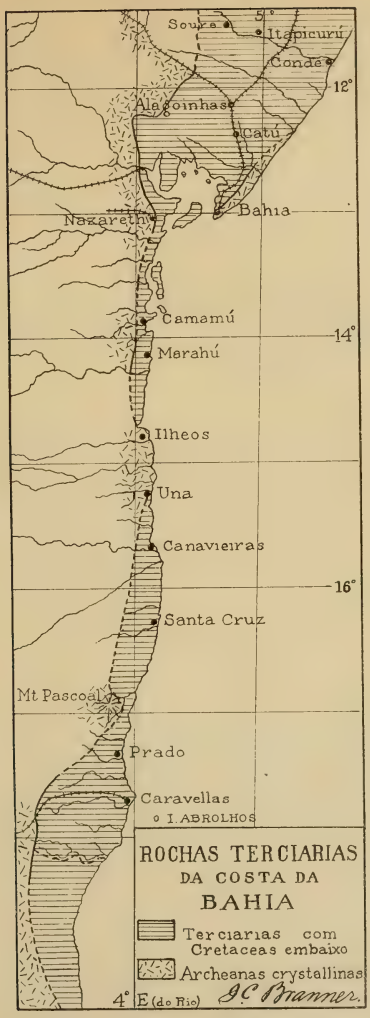


Fig. 162. — Mappa dos sedimentos terciarios da costa da Bahia e Espirito Santo.

No Cabo Santo Agostinho e em Pedra do Porto logo ao sul de Tamandaré os sedimentos terciarios têm sido removidos deixando expostas as rochas crystallinas subjacentes.

Fig. 163. — Blocos de decomposição de granito na Pedra do Porto, de Pernambuco O granito acha-se exposto pela remoção dos sedimentos terciarios sobrejacentes

No sul do estado da Bahia esta zona fórma uma extensa chapada que elevando-se para o interior, penetra entre os picos de rochas crystallinas da Serra dos Aymorés e se estende até o kilometro 160 da estrada de ferro Bahia e Minas como se vê na figura junta.

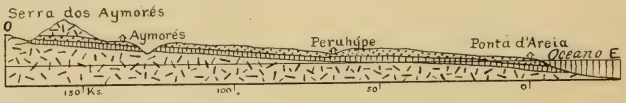


Fig. 164. — Secção atravez da parte meridional do estado da Bahia mostrando a extensão da chapada do littoral por uma garganta da Serra dos Aymorés.

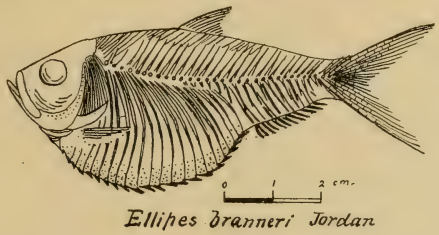
A distribuição desta zona sedimentaria sem descriminação da cretacea e terciaria e a sua relação com os terrenos crystallinos antigos em partes dos estados de Pernambuco, Parahyba e Rio Grande do Norte são mostradas na figura 170, e as relações das suas camadas com as rochas subjacentes na vizinhança da cidade de Maceió no Estado de Alagôas na figura junta á pagina 361.

Em diversos lugares ao longo da costa de Alagôas, mas notavelmente num lugar chamado riacho Doce, uns doze para quinze kilome-

tros ao norte de Maceió, e em outros lugares mais ao norte chamados Garça Torta, morro do Camaragibe, porto de Pedras, barreira do Bo-

Fig. 165. — Secção mostrando a relação dos sedimentos terciarios com as rochas crystallinas do interior em Maceió.

queirão, Pitingui e Japaratúba, as rochas expostas nas praias e nos barrancos são folhelhos laminados e bituminosos e arenitos. Os folhe-



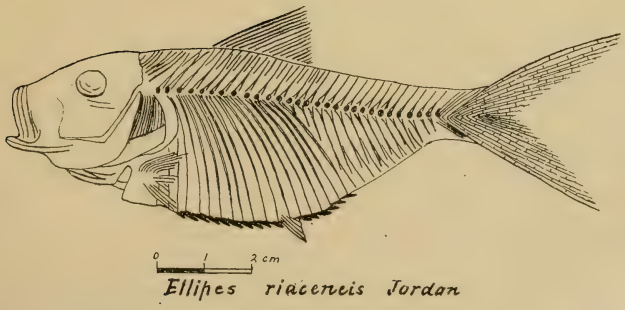


Fig. 166. — Peixes fosseis da idade eocena. Riacho Doce, Estado de Alagoas.

lhos contêm uma abundancia de peixes fosseis dos quatro generos seguintes : *Ellipes* (tres especies), *Dastilbe* (uma especie), *Chiromystus*

(uma especie), e *Arius ?* (uma especie). Estas fórmas são caracteristicas de estuarios ou de agua salobra. Esses fosseis mostram que as rochas são provavelmente *eoceno terciario*, mas que não é provavel que sejam cretaceo superior (1). Estes folhelhos têm tambem ostracodas e plantas fossilisadas. Só *Estheria* foi reconhecida, mas esta não adianta o que os peixes fosseis já ensinam. Os folhelhos bituminosos são bastante ricos em oleo mineral e parafina e tem-se feito diversas tentativas para exploral-os industrialmente (2).

Na primeira edição desta obra apparecem algumas duvidas a respeito da idade de certos depositos da costa oriental do Brasil. Estudos mais recentes resolveram essas duvidas, em parte pelo menos.

O estudo de uma collecção de fosseis feita ultimamente da ilha de Trinidad ao norte de Venezuela (3) esclareceu as questões relativas á idade das camadas de Maria Farinha, Olinda, e ponta de Pedras, e de outras localidades no norte do Brasil, e indirectamente confirmou as conclusões de Jordan a respeito dos depositos de Alagôas. Agora está bem estabelecido que temos o eoceno nestes lugares e em muitos outros ao longo da costa do Brasil. Em alguns lugares as camadas eocenas jazem sobre as rochas crystallinas do interior, em outros sobre rochas sedimentarias da idade cretacea.

No estado de Pernambuco nas vizinhanças da ilha de Itamaracá e no rio Maria Farinha fronteiro a ella existe outra bacia maritima que se estende para o sul até a cidade de Olinda e ao norte até Ponta de Pedras perto da fóz do rio Goyana e talvez mais longe (vêde mappa na pag. 359). Entre as 76 especies de fosseis descriptas desta bacia pelo Dr. White sómente seis são identicas com as da bacia cretacea de Sergipe e o aspecto geral da fauna se assemelha de tal maneira com o da idade subsequente que diversos paleontologistas a tem referido á

---

(1) D. S. Jordan. *Fossil fishes from the bituminous shales at Riacho Doce, State of Alagôas*, Brazil. *Annals Carnegie Museum*, VII, 1910, pp. 23-34.

(2) J. C. Branner. *The oil bearing shales of the coast of Brazil.* Transactions American Institute Mining Engs., XXX, 537-551. New York, 1900.

(3) Carlotta Joaquina Maury. *A contribution to the paleontology of Trinidad. Journal Academy Natural Science*, Philadelphia, XV., pp. 32-33. Philadelphia, 1912.

terciaria (1). A figura junta e as das paginas 364 e 365 representam alguns dos mais caracteristicos destes fosseis eocenos.

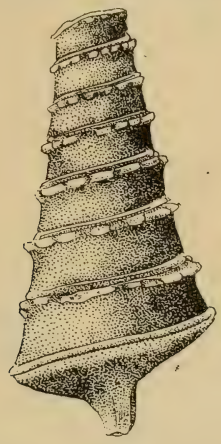


Fig. 167. — *Nerinea buarquiana*, White. Vista lateral de um exemplar imperfeito, metade do tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS DE FOSSEIS EOCENOS.

97 a e b. *Hercoglossa (Nautilus) sowerbyana* D'Orbigny. Vista lateral e peripheral de um exemplar pequeno e imperfeito; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

98 a e b. *Volutilithes radula* (Sowerby) Forbes. Duas vistas de um exemplar pequeno; tamanho natural. Na figura 98 b o labio externo foi quebrado de modo a mostrar as duas dobras sobre a columella. Maria Farinha, Pernambuco.

98 c. *Volutilithes radula* (Sowerby) Forbes. Vista lateral de um outro exemplar imperfeito e parcialmente achatado; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

99. *Mazzalina (Fascioloria) acutispira* White. Vista lateral de um exemplar cuja superficie natural foi um tanto corroida; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

---

(1) John C. Branner. *Geology of the northeast coast of Brazil. Bulletin of the Geological Society of America*, vol. 13, 1902.

J. C. Branner. *The oil-bearing shales of the coast of Brazil.* Transactions the American Institute of Mining Engineers, vol. XXX, pags. 537-554. New York of 1900.

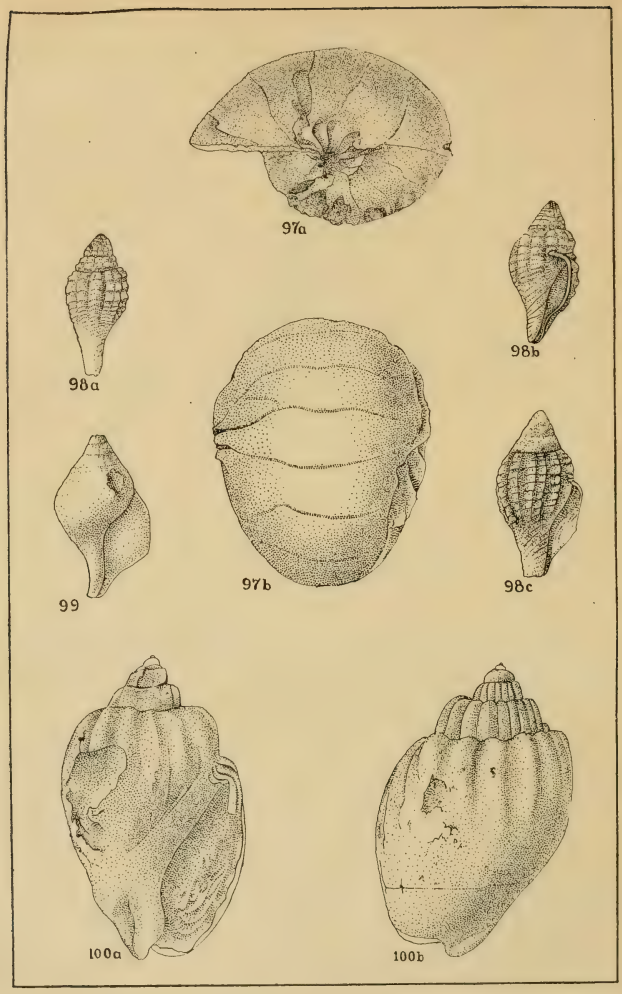


Fig. 168. — Fosseis caracteristicos das camadas eocenas de Maria Farinha, Pernambuco.

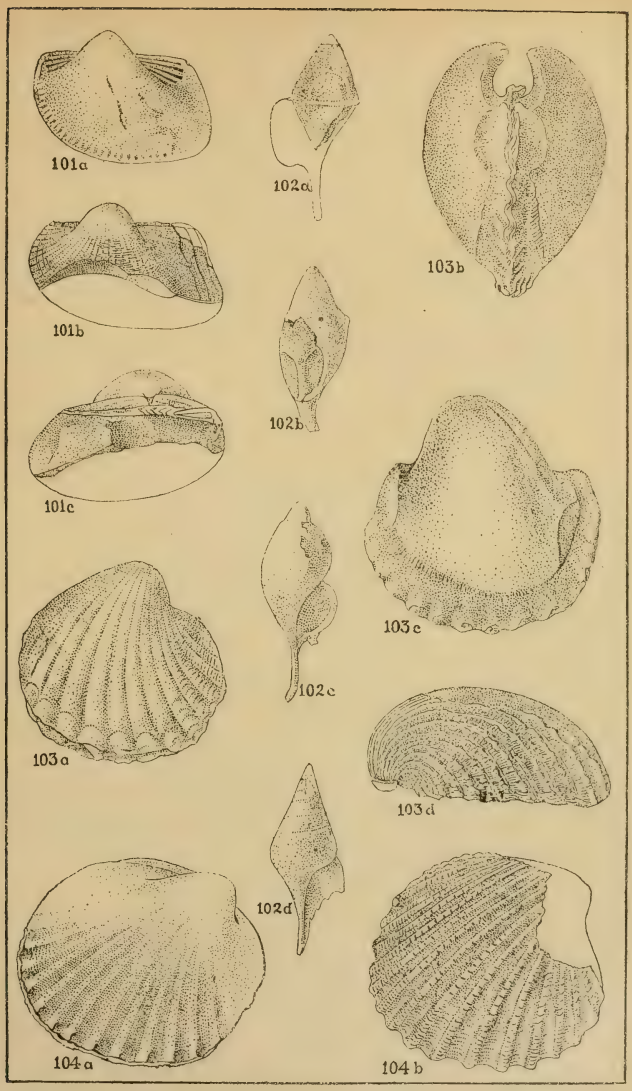


Fig. 169. — Fosseis caracteristicos das camadas eocenas de Maria Farinha, Pernambuco.

100 a e b. *Pseudoliva (Harpa) dechordata* White. Vista lateral e de frente; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

101 a. *Culcullæa harttii* Rathbun. Molde natural do interior de uma valva esquerda; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

101 b e c. *Cucullæa harttii* Rathbun. Duas vistas de uma impressão tirada de um molde natural em calcareo; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

102 a. *Calyptraphorus (?) chelonites* White. Vista de um exemplar mostrando uma ruga annular de callosidade; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

102 c. *Calyptraphorus (?) chelonites* White. Vista lateral de um exemplar mostrando o lado achatado da espira coberta com a callosidade; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

102 d. *Calyptraphorus (?) chelonites* White. Vista lateral de uma concha que se suppunha pertencer a esta especie e representar um estado de crescimento anterior á deposição de uma callosidade sobre a superficie externa : tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

103 a. *Venericardia (Cardita) morganiana* Rathbun. Vista do lado direito de um exemplar de tamanho medio, cuja ornamentação tem sido casualmente removida da maior parte das costellas; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

103 b e c. *Venericardia (Cardita) morganiana* Rathbun. Vista de frente e do lado de um molde interno; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

103 d. *Venericardia (Cardita) morganiana* Rathbun. Vista de frente de uma impressão tirada de um molde natural de parte de uma valva esquerda mostrando as costellas e a sua ornamentação; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

104 a. *Venericardia (Cardita) wilmotii* Rathbum. Vista de uma impressão de uma valva direita: tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

104 b. *Venericardia (Cardita) wilmotii* Rathbun. Vista de uma impressão tirada de um molde natural da maior parte de uma valva direita mostrando as costellas e a sua ornamentação ; tamanho natural. Maria Farinha, Pernambuco.

Os vertebrados acham-se representados nas camadas de Maria Farinha e Itamaracá por um reptil, *Hyposaurus derbianus* Cope; por duas especies de tubarões, *Galeocardo pristodontus* Agassiz; e *Apocopodon sericeus* Cope, e uma do typo ordinario de peixes, *Enchodus subaequilateris* Cope (1).

No estado do Rio Grande do Norte calcareos fossiliferos se apre-

(1) E. D. Cope. *Contribution to the vertebrate paleontology of Brazil.* Procedings of the American Philosophical Society, vol. XXIII. Philadelphia, 1886.

sentam em varios pontos ao longo da estrada de ferro que da capital se dirige para o sul a poucos kilometros da costa (vêde mappa na

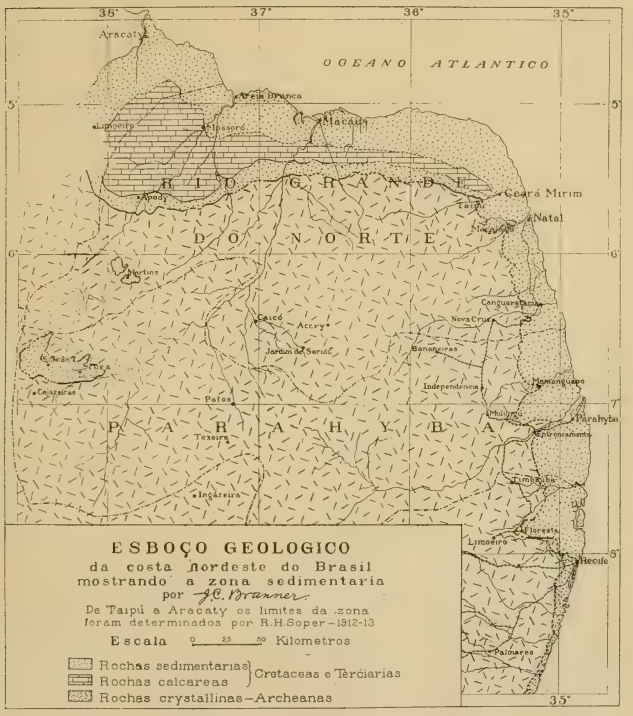


Fig. 170.

pag. 367) e tambem no norte do Estado no valle do Rio Mossoró.

A serra do Martins, um taboleiro alto no interior do estado de Rio Grande do Norte, com a altitude de mil metros, é de gneiss na

(1) John C. Branner. *Geology of the northeast coast of Brazil. Bulletin of the Geological Society of America*, vol. 13, pags. 41-98. Rochester, 1904.

base, mas está sotoposta com quarenta e cinco metros de arenito que fórma o cume da montanha (1).

Em Macau, estado do Rio Grande do Norte, poços furados pela Inspectoria de Obras contra as Seccas penetram as rochas sedimenta-

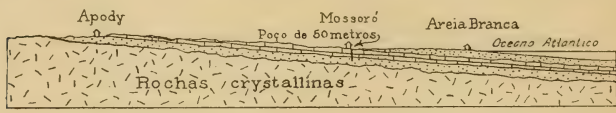


Fig. 171. — Secção mostrando a estructura geologica entre Apody e o oceano. *R. H. Soper.*

rias mostrando camadas de arenito na flôr da terra com pedra calcarea em baixo e arenitos em baixo da pedra calcarea (Soper).

Ao nordoeste do Cabo S. Roque esta zona estreita de sedimentos terciarios se estende ao longo da costa do Ceará, Maranhão e Pará, e entrando pelo valle do Amazonas continua até e além da fronteira do Perú entre Tabatinga e Iquitos, estendendo-se tambem por alguma distancia ao sul no valle do rio Javary.

As rochas terciarias da costa consistem principalmente de arenitos e folhelhos de côres extremamente variegadas e geralmente tão molles que pódem antes ser chamadas de areias e argillas. Estas rochas jazem em camadas horizontaes que não têm sido muito perturbadas. Na região do alto Amazonas apresentam-se camadas de lignito intercaladas nas de argillas, e é possivel que uma parte dos folhelhos bituminosos e das rochas calcareas da costa do Atlantico que têm sido referidas á cretacea pertençam á terciaria. Em Marahú no sul do estado da Bahia existe um deposito de uma substancia especial chamada « turfa » que contem cerca de oitenta por cento de materias bituminosas e que tem sido aproveitada para a extracção de oleos mineraes.

M. Eug. Bertrand, geologo francez, examinou amostras desta turfa e verificou que é composta de algas.

Em geral os depositos terciarios são pobres em fosseis sendo ter-

(1) Fé R. H. Soper.

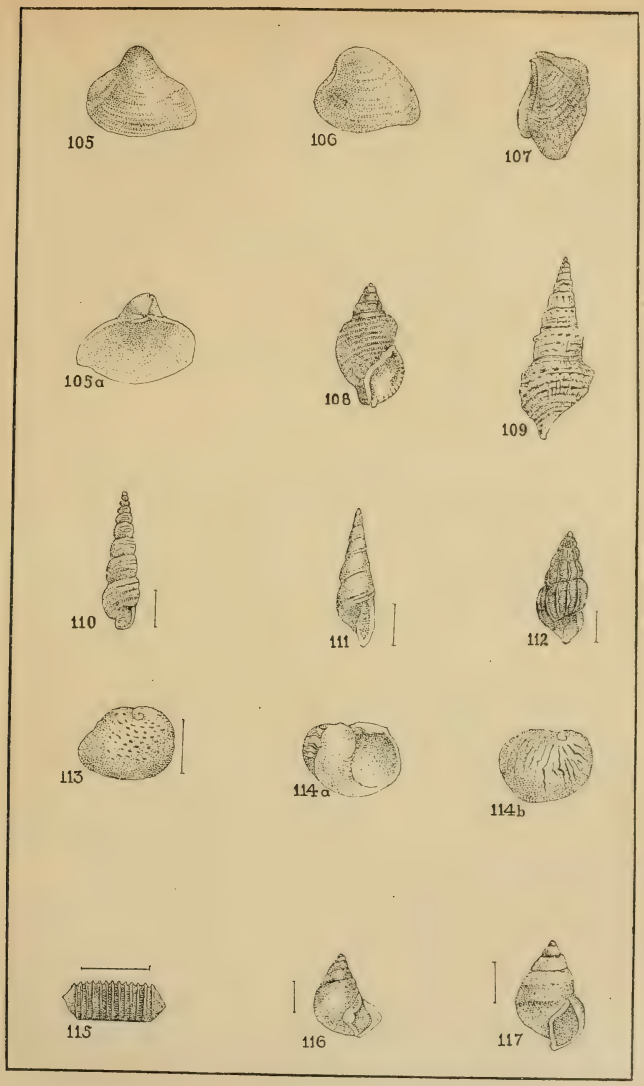


Fig. 172. — Fosseis caracteristicos das camadas terciarias do Alto-Amazonas.

restres ou de agua doce, ou salobra, os poucos que se tem encontrado. A turfa de Marahú contem folhas de plantas dicotyledonias que tambem têm sido encontradas em uma camada de argilla proxima á estação de Ouriçanguinhas na região de Alagoinhas no estado da Bahia (1).

As camadas que contêm as plantas fosseis perto de Ouriçanguinhas cobrem outra serie da camadas sedimentarias descordantemente. Parece provavel que a serie inferior pertença ao cretaceo da Bahia.

Na região do Alto Amazonas apresentam-se em diversas localidades depositos com molluscos de agua salobra indicativos de deposição em estuarios. Os de Canamá no rio Javary no estado do Amazonas são representados na pagina 369 (2).

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS DE FOSSEIS TERCIARIOS

105 e 105 a. *Corbula canamaensis* Etheridge.
106. *Anisothyris (Pachydon) tumida* Etheridge.
107. *Dreissena acuta* Etheridge.
108. *Melanopsis (?) brownii* Etheridge.
109. *Cerithium coronatum* Etheridge.
110. *Melania tricarinata* Etheridge.
111. *Melania bicarinata* Etheridge.
112. *Melania scalaroides* Etheridge.
113. *Neritina puncta* Etheridge.
114. a e b. *Neritina ziczac* Etheridge.
115. *Myliobatis* sp. (placa de um dente palatal).
116. *Pseudolacuna macroptera* Bottg.
117. *Hydrobia dubia* Etheridge.

A linha ao lado das figuras mostra o comprimento da amostra : as figuras sem linha são do tamanho natural.

Sobre o rio Pauhinym, um affluente do rio Purus no alto Ama-

---

(1) Dr. F. Krasser. *Konstantin von Ettingshausen's. Studien über die fossile flora von Ouriçanga in Brasilien.* Sitz. der K. Akad. d. Wiss. in Wien Math. Nat. Kl. Bd. CXII. Dez. 1903. (Abt. 1).

(2) R. Etheridge. *Mollusca from the Tertiary deposits of Solimões and Javary rivers, Brazil. Quarterly Journal of the Geological Society*, vol. XXXV, pags. 82-88. London, 1879.

zonas, descobriu-se um jacaré fossil (*Gryposuchus jessei* Gürich) que parece pertencer ao terciario ou mesmo ao quaternario.

Além dos depositos acima descriptos que fórmam uma especie de beirada da massa continental ao longo do littoral e da depressão amazonica, existem diversas bacias terciarias espalhadas sobre a superficie do planalto central. A mais bem conhecida e a mais extensa é a do valle do alto Parahyba no estado de S. Paulo que se estende desde Cachoeira até Jacarehy com o comprimento de cento e doze kilometros. Uma outra semelhante se apresenta no valle do Tieté em redor da cidade de S. Paulo estendendo-se desde Mogy das Cruzes até uns trinta kilometros ao oeste da cidade de S. Paulo. Ha uma outra pequena tambem entre Rezende e Campo Bello no estado de Rio de Janeiro.

Os depositos mostram que estas areas fòram antigamente cobertas por lagòas de agua doce. Na vizinhança da cidade de Taubaté na bacia do Parahyba existem folhelhos bituminosos terciarios que produzem cerca de cem litros de oleo por tonelada e que têm sido explorados para o fabrico de gaz e de oleos.

Os seguintes resultados de uma avaliação dos folhelhos de Taubaté forão obsequiosamente fornecidos pelo chimico, Dr. Guilherme Florence de S. Paulo.

Oleo cru	13.08	por cento
Agua	23.36	» »
Residuo	58.64	» »
Gazes e perdas	4.02	» »
	100.00	

	Separados de oleo cru; por cento	Kilogrammas por tonelada dos folhelhos
Gasolina	4.0	5.23
Kerosene	43.3	56.64
Oleo para gaz	12.1	15.83
Oleo para lubrificação	19.6	25.64
Parafina	6.9	9.03
Residuo combustivel	4.0	5.23
Perdas	10.1	

(1) G. Gurich. *Gryposuchus jessei... des oberen Amazonas-Gebietes.* Jahrb. d. Hamburgischen Wíss. Anstalten XXIX, 1911, 59-71. Hamburg, 1912.

Estes folhelhos contêm restos bem conservados de peixes de agua doce dos quaes se tem descripto as seguintes especies (1): *Arius iheringi* Woodward, *Tetragonopterus avus* Woodward, *Tetragonopterus ligniticus* Woodward, e *Percichthys antiquus* Woodward.

No interior do estado de Minas Geraes existem outras bacias terciarias de agua doce contendo plantas fosseis e lignito. Uma destas acha-se em Gandarela a sessenta kilometros ao norte de Ouro Preto e ao pé da Serra do Caraça na elevação de mil e cem metros acima do nivel do mar. Uma outra acha-se perto do arraial de Fonseca cerca de quarenta kilometros distante da de Gandarela, estendendo-se desde a base da Serra da Caraça até o rio Piracicaba, affluente do rio Doce. As plantas fosseis destas bacias mineiras mostram que a sua idade é pliocena ou miocena. As camadas incluem folhelhos bituminosos e lignitos que têm sido aproveitados na Escola de Minas de Ouro Preto para o fabrico de gaz (2).

Segundo consta, existem outras bacias terciarias em outras partes do Brasil, mas por emquanto pouco se conhece a respeito do seu caracter e distribuição.

Periodo psychozoico.

PLEISTOCENO OU QUATERNARIO.

Nas regiões temperadas do globo o pleistoceno foi caracterisado pela invasão do gelo que cobriu a maior parte da Europa septentrional e toda a parte septentrional da America do Norte. No Brasil não houve época glacial, se bem que se haja attribuido á glaciação alguns dos phenomenos da decomposição das rochas (3).

---

(1) A. Smith Woodward. *Considerações sobre alguns peixes terciarios dos schistos de Taubaté, estado de S. Paulo, Brasil. Revista do Museu Paulista*, vol. 3, pags. 63-75, S. Paulo, 1898.

(2) H. Gorceix. *Bacias terciarias d'agua doce nos arredores de Ouro Preto. Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, vol. III, pags. 95-114. Rio de Janeiro, 1884.

(3) J. C. Branner. *A supposta glaciação do Brasil. Revista Brasileira*, vol. VI, pags. 106-113. Rio de Janeiro, 1896.

Parece provavel que houvesse uma ligeira elevação do continente da America do Sul durante a idade pleistocena ou logo depois daquelle periodo. Esta theoria está sustentada pelos restos de animaes marinhos e pelas obras de animaes marinhos achadas fóra do alcance das marés actuaes.

Em roda da bahia de Todos os Santos existem muitos depositos de conchas marinhas com uma altitude de dois metros acima do mar. Ao longo do rio Itapicurú no estado da Bahia existem conchas marinhas em camadas de um metro de espessura entre Missão e Sipó, de cinco para oito metros acima do rio, e como o rio nesse lugar tem uma altitude de sessenta a cem metros acima do mar, é claro que houve ali uma elevação de sessenta a cem metros pelo menos. As conchas são todas de especies que ainda vivem na costa do Brasil, e por isso se conclue que a elevação teve lugar no periodo pleistoceno.

Durante o periodo pleistoceno o Brasil foi habitado por mammiferos gigantescos, taes como o *Mastodonte*, uma especie de elephante; *Megatherium*, uma especie gigantesca de preguiça, e *Glyptodonte*, uma especie gigantesca de tatú, que são agora extinctos tanto no Brasil como nas outras partes do mundo. Os restos do Mastodonte tem sido encontrados em diversos lugares, notavelmente em redor de Aguas Bellas no estado de Pernambuco e no Ceará (1). Encontram-se geralmente em terrenos baixos ao fazer excavações para bebedouros de gado. Na bacia do Rio da Prata a formação que contem este fossil se chama Pampiana.

A figura 174 mostra a fórma de dois dos dentes molares do *Mastodon* (*Dibilodon*) *humboldtii* Cuvier, a especie que habitava o Brasil (2).

No Instituto Geographico e Historico da Bahia existem dois queixos com os dentes quebrados. Diz-se terem sido encontrados em Santa Luzia naquelle estado.

---

(1) J. C. Branner. *The occurrence of fossil remains of mammals in the states of Pernambuco and Alagoas, Brazil. American Journal of Science*, vol. XIII, pags. 133-137. New Haven, 1902.

(2) Paul Gervais. *Recherches sur les mammifères fossiles de l'Amérique Méridionale*, planche 5. Paris, 1855.

Dr. Adolpho Diniz Gonçalves da Bahia tem dentes e ossos de mastodonte que vêm de Monte-Alto, comarca de Urubú, estado da Bahia, perto do rio S. Francisco.

O museu nacional do Rio de Janeiro tem restos de mastodontes do Ceará, e de Sergipe; um dente do de Sergipe tem o comprimento de um metro. A localidade onde fôram achados estes fosseis no estado de Sergipe se chama lagôa dos Elephantes.

Ultimamente (1913), restos de mastodonte fôram achados em Limoeiro no estado de Ceará.

O museu nacional tambem tem o craneo e queixo inferior do

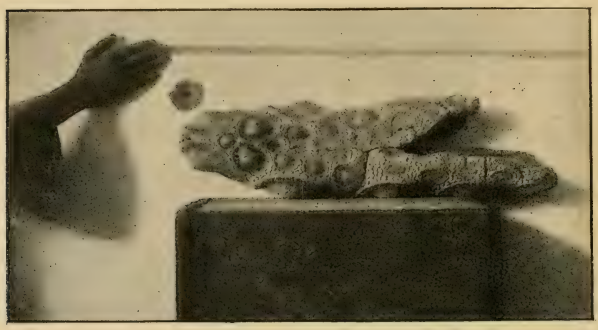


Fig. 173. — Parte do rabo de *Panochtus*, uma especie de Glyptodonte descoberto no Riacho do Sangue, estado de Ceará. A amostra está no museu Rocha, na cidade de Fortaleza, Ceará.

Megatherio achado por Sr. Carlos Schreiner na fazenda Catinga de Moura uns cincoenta kilometros ao oeste de Jacobina no estado da Bahia. Aquelle museu tambem tem montado uma amostra completa e bem conservada, do animal proveniente de Catinga de Moura.

Restos do Glyptodonte são conservados no museu nacional e nas collecções do Serviço Geologico no Rio de Janeiro. No museu Rocha no Ceará ha um exemplar de Glyptodonte descoberto no riacho do Sangue naquelle mesmo estado; este ultimo parece ser um *Panochtus* de uma especie differente do *tuberculatus*. Outra amostra desta ultima especie

vendo de Quixeramobim, Ceará, está nas collecções do Serviço Geologico no Rio de Janeiro.

Nas vizinhanças da Lagôa Santa na região do Rio das Velhas no estado de Minas Geraes o naturalista dinamarquez Lund achou em cavernas e poços grande numero de fosseis da idade pleistocena. Entre

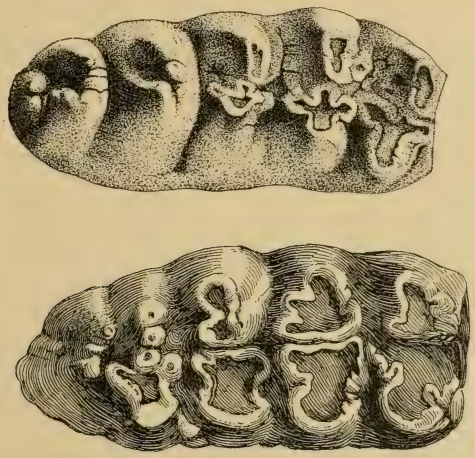


Fig. 171. — Sexto dente molar (superior e inferior) de *Mastodon humboldtii*, do Brasil. Reduzidos a um terço do tamanho natural. (*Gervais.*)

estes acham-se representados os seguintes generos extinctos : *Toxodon*, *Macrauchenia*, *Glyptodon*, *Mylodon*, *Megatherium* e *Protopithecus*. Misturados com estes restos encontram-se instrumentos de pedra e Lund chegou á conclusão que o homem era contemporaneo com estes animaes na America do Sul.

O professor Reinhardt de Copenhague que tomou conta das collecções feitas por Lund dá o seguinte summario das conclusões que se derivam do seu trabalho (1).

1. No tempo pleistoceno o Brasil foi habitado por uma fauna mam-

(1) Reinhardt. *Bone caves in Brazil and their animal remains. American Journal of Science*, vol. XCVI, pags. 264-265. New Haven, 1868.

mifera muito rica, da qual se póde dizer ser a fauna actual apenas um resto pequeno ou definhado, visto que muitos generos e até grandes grupos systematicos, taes como familias e ordens, têm desapparecido e muito poucos apenas têm continuado a existir até nossos dias.

2. A fauna mammifera brasileira durante o tempo pleistoceno apresentou a mesma feição especial que actualmente distingue a fauna sul-americana da do Velho Mundo, visto que os generos extinctos pertencem a familias e grupos que ainda hoje caracterisam particularmente a America do Sul. Sómente dois destes generos (um extincto, o Mastodonte, e o outro ainda vivo, o cavallo) pertencem a familias que são hoje limitados ao hemispherio oriental, e assim fórmam excepção á regra.

3. As ordens mammiferas não eram, antigamente, em muito, mais ricas em generos de que agora. Os ruminantes, pachydermes, elephantes e carnivoros têm soffrido a maior perda ; ao passo que algumas ordens, taes como os cheiropteros e macacos, contêm, talvez, mais generos hoje de que antigamente.

4. Na America do Sul a fauna mammifera pleistocena era mais distincta da actual, e era mais especialmente rica em generos peculiares e agora extinctos do que era o caso com a fauna correspondente do Velho Mundo.

5. A pobreza em grandes animaes (quasi se póde dizer o caracter anão da fauna mammifera sul-americana de nossos dias em comparação com os mammiferos do hemispherio oriental), era muito menos saliente, ou antes não existia de todo na fauna prehistorica. Os Mastodontes, Macrauchenias, Toxodontes, com os gigantescos tatús e preguiças bem podiam competir com os Elephantes, Rhinocerontes e Hippopotamos que neste tempo habitavam a Europa.

Uma especie de zebra, *Equus lundi* Boas, habitava os campos de Minas Geraes durante os tempos pleistocenos. Esta zebra é uma fórma intermediaria entre o genero extincto *Hipparion* e o moderno *Caballus* (1).

---

(1) Dr. J. E. V. Boas. *Om en fossil Zebra-form fra Brasilicus Campos.* Copenhague, 1881.

Uma collecção de ossos de mammiferos feita por Ricardo Krone nas cavernas do rio Iporanga no estado de S. Paulo mostra que a fauna daquellas cavernas é mais recente que a parte superior da formação pampeana de Argentina. Dr. Ameghino quem descreveu a collecção conclue que no Brasil, como na Europa e na America do Norte, a fauna das cavernas é quaternaria (1).

O homem primitivo. Foi durante os tempos pleistocenos, ou talvez um tanto mais cedo, que o homem appareceu sobre a terra. Parece provavel que o seu primeiro apparecimento fosse n'um paiz tropical onde o clima era brando e onde se encontravam fructas durante todo o anno; e tambem parece provavel que viveu primeiro nas costas do mar onde os peixes, molluscos, crustaceos, etc., sempre se obtêm facilmente para a alimentação. Estes, porém, são assumptos hypotheticos. A evidencia geologica da existencia do homem consiste em :

I. — Obras conservadas.

II. — Restos de esqueletos conservados.

De vez em quando consta a descoberta de pegadas em rochas mais antigas do que as pleistocenas, porém até agora nenhuma dellas tem authenticidade provada.

Têm apparecido artigos sobre o homem primitivo dizendo que ha provas da origem delle na America do Sul. Ultimamente essa questão foi estudada cuidadosamente com o resultado de que não se achou prova alguma da origem remota de homem primitivo na America do Sul (2).

Os restos humanos mais antigos descobertos no Brasil fôram achados nas cavernas de Lagôa-Santa no estado de Minas Geraes por P. W. Lund, o bem conhecido explorador dinemarquez, entre 1835 e 1844. Mas infelizmente não foi possivel determinar com exactidão a idade geologica da formação em que esses restos fôram descobertos. Lund chegou á seguinte conclusão geral, depois de muitos annos de estudos dos restos das cavernas do Brasil :

---

(1) F. Ameghino. *Revista do Museu Paulista*, VII, 59-124. S. Paulo, 1907.

(2) A. Hrdlicka. *Early man in America. American Journ. Science*, vol. 184, 534-554 ; Bul. 52 Bureau of American Ethnology. Washington, 1912.

1. « A occupação da America do Sul por homem extende-se, não somente além da epocha da descoberta desta parte do mundo, porém remotamente na epocha historica (isto é no tempo historico em geral) e, provavelmente dentro dos tempos geologicos. Certo numero de especies de animaes têm desapparecido do mundo, depois do apparecimento do homem nesta hemispheria ».

2. « A raça que occupou esta parte do mundo na antiguidade remota era do mesmo typo que aquella que habitou o paiz na epocha do descobrimento pelos Europeos » (1).

Hrdlicka, depois de estudar os dados de Lund e de outros, conclue que « é claro que os restos humanos da Lagôa-Santa não podem ser acceitos, sem mais concludentes provas, como pertencentes a uma raça contemporanea com os animaes extinctos achados nas mesmas cavernas ».

Reliquias humanas. — As reliquias, ou obras humanas, que se encontram conservadas consistem de instrumentos de pedra, taes como pontas de flechas, pontas de lança, pedras lascadas, machados de pedra, mãos de pilão, almofarizes, gravuras sobre ossos e rochas, instrumentos de osso e concha, louça, estructuras de pedra, e ossos humanos. Estas reliquias se encontram de vez em quando:

I. — Em cavernas. A caveira de Enghis com os ossos correspondentes fôram encontrados n'uma caverna perto de Liége na Belgica, associados com restos de animaes extinctos. No sudoeste da França fôram encontradas n'uma caverna figuras gravadas do elephante gigantesco, ou Mamouth.

II. — Em turfeiras.

III. — Em depositos lacustres e fluviaes. Nas operações da drenagem do Lago Haarlem na Hollanda, cerca do anno de 1860, encontraram-se muitas reliquias humanas.

IV. — Nos depositos glaciaes.

V. — Em montes de conchas. O que no Brasil se chama *samba-*

---

(1) A. Hrdlicka. *Early man in South America.* Bulletin 52, Bureau of American Ethnology. Washington, 1912, pags: 153-184.

quis são montes de conchas accumulados perto das costas do mar pelos homens que empregaram os molluscos para alimentação, jogando fóra nestes montes as conchas. Encotram-se frequentemente instrumentos de pedras e ossos humanos enterrados nestes grandes montes de conchas (1).

VI. — Em montes funerarios ou cemiterios. Muitas raças primitivas enterraram os seus mortos em grandes potes ou urnas feitas de barro queimado ajuntando, muitas vezes instrumentos de pedra e osso. Na ilha de Marajó existem alguns dos mais notaveis montes funerarios conhecidos (2).

A extensão do tempo geologico.

Não se póde dar com precisão em annos o comprimento do tempo geologico. Muitas estimativas baseadas em dados muito diversos tem sido feitas.

A marcha da recessão da cataracta de Niagara tem sido utilizada em tentativas para determinar a extensão de tempo depois da épocha glacial na America do Norte. Empregando no calculo a marcha actual, chega-se á conclusão que a excavação do cañon actual teria exigido cerca de 7.000 annos a datar da retirada do gelo daquella região. No estudo da recessão do salto de Santo Antonio no rio Mississippi chegou-se a resultados proximamente eguaes.

A marcha da erosão e da deposição determinada por observações sobre os grandes cursos d'agua, combinadas com as relações conhecidas entre terra e agua e a espessura dos sedimentos, dá cerca de cento e trinta milhões de annos para a idade da terra a datar do fim dos tempos archeanos (3).

Imaginando que a terra era originalmente uma massa fundida, e

---

(1) Alberto Löfgren. *Os sambaquis de S. Paulo.* Boletim da Commissão Geographica e Geologica de S. Paulo, n. 9. S. Paulo, 1893.

(2) Ch. F. Hartt. *Contribuições para a ethnologia do valle do Amazonas.* Archivos do Museu Nacional, vol. VI, pags. 1-174. Rio de Janeiro, 1885.

(3) *Nature*, vol. LI, pags. 533-607, London, 1895.

calculando o tempo necessario para o resfriamento de um tal globo, chegou-se á conclusão que a idade da terra é cerca de vinte e quatro milhões de annos.

Outras estimativas têm sido baseadas sobre a marcha de crescimento de coraes e calcareos ; sobre a somma total de sodio nos oceanos do mundo ; sobre a formação de mineraes radio-activos, etc., etc. Estas estimativas da idade geologica do mundo variam extraordinariamente entre si, desde o minino de tres milhões de annos até o maximo de dois mil e quatrocentos milhões. A unica conclusão satisfactoria é que « o tempo é tão comprido quanto o espaço é largo. »

INDICE ALPHABETICO

A

Abrolhos. 70
— variação das mares. 67
— recifes de coral. 188
— ilha de Santa Barbara. . . . 223
— rochas cretaceas. 341
Abaixamento da costa do Brasil. 164
— da crosta da terra. 164
Abreu (caverna). 114
Acanaladuras. 51

Acidos :
— carbonico 104
— humico. 171
— nitrico. 105
— organicos. 106, 171, 173
Actividade vulcanica. 134
Afloramentos 242, 246
Agassiz (Alexandre), 27, 157, 177, 200
Agatha, formação no Brasil. . . 238
— nas rochas triassicas. 333

Agentes :
— aquosos mechanicos. 44, 63, 65
— chimicos. 20, 103, 128
— constructivos. 78, 179
— desnudadores. 145
— destructivos. 171
— geologicos. 20
— igneos. 20, 128
— mechanicos. 20

Agentes :
— organicos. 20, 171, 179
— protectivos. 176
Agnotozoico (periodo) 287
Agua Quente. 133, 217, 268
Agua Suja. 336

Aguas :
— alcalinas. 125
— carbonatadas. 117
— dos geysers. 147
— meteoricas. 148
— mineraes. 276
— mortas. 67
— quentes. 126, 129, 268
— sulphurosas. 185
— subterraneas 104, 269, 272
— vivas. 67
Ajustamento da crosta da terra. 169
Alaska, geleiros em 91, 99
— terremotos em. 151

Alagôas :
— costa das. 200
— gneissem. 290
— lagos de. 84, 164
— rochas metamorphicas em. . 294
— secção geologica. 360
Alcali. 37
Algas (accumulações de), 177, 183, 186
— calcareas. 187
— silicosas 202

Allemanha :
— geleiros antigos em. 98
— augumento de temperatura subterranea. 132
— depositos de sal. 124
Alluviões auriferas 111, 271
Almeirim. 296, 302
Altas temperaturas. 129
Alteração das rochas . . . 126, 257
Alternação das camadas. 214
Altura das montanhas. 65
Amazonas (Estado). 370

Amazonas (rio) :
— terras cahidas. 49
— mares. 68
— sedimento. 80, 107
— vegetação marginal. 177
— turfa. 181
— rochas 289
— rochas silurianas. . . . 295, 297
— rochas devonianas. . . . 301, 307
— rochas carboniferas. 312
— rochas triassicas. 335
— rochas cretaceas. 341, 357
— rochas terciarias. 358, 370

America do Sul :
— geleiros. 91, 97, 99
— volcões. 141
— geysers. 147
— terremotos. 154
— animaes. 166
— rochas archeanas 289, 290
— fauna mammifera antiga. . . 376
— amphibios fosseis, 301, 313, 331

Andes :
— leques de alluvião. 63
— geleiros. 91
— cavernas de lava. 115
— picos. 135
— terrenos cretaceos. 358

Andesito. 221

Animaes :
— calcareos. 201
— cavadores. 173
— constructivos. 179, 187
— domesticados. 205
— distribuição. 21, 166
— fosseis 166
— microscopicos. 200
— radiados. 202
— como agentes geologicos, 173, 176
— marinhos. 200, 202
Anthracite. 183
Antilhas. 143, 169
Anticlinos. 242, 247
Apatite. 288, 293
Aquecimento, diario. 131
— das rochas. 169
Aquiry (rio). 357
Araguary (rio). 71
Araguaya (rio). 335
Archeano. 286, 287
Arcos naturaes. 116
Ardosia. 208, 234, 258, 261
Areia. 208
— transportada pelo vento. . . 21
— cortante 26
— volante. 26
— aeoleana. 202

Arenito :
— salitroso. 38
— de Fernando de Noronha, 28, 217
— definição. 208
— transformação. 258
— formação. 283
Argilla. 208
— formação de. 283
— refractaria. 313

Argentina :
— tempestades de areia. 21

Argentina :
— efflorescencia de sal 38
— leques de alluvião. 63
— aguas salobras. 123
— rochas jurassicas 338

Arkansas :
— espessura de sedimentos, 167, 313
— (rio). 56
Arrastamento. 243
Arroio dos Ratos. 319, 322
Arvores fosseis. 162, 182, 184

Asia :
— rochas da. 19
— volcões. 142

Atmosphera :
— trabalho directo. 20
— acção directa. 20
— indirecta. 28
— retardamento. 41
— como carregador. 42
Atolls. 195, 196
Atterrados naturaes 60

Australia :
— glaciação antiga. 101
— recifes. 164, 188, 191
— ligações continentaes. 166
— plantas. 204
— flora fossil. 328

Austria-Hungria :
— glaciação. 97, 99
Avalanches de lama. 181
Aveiros 313
Aves fosseis. 337, 341, 358
Azeviche. 351
Azoico. 287

B

Bacterias. 185, 186

Bahia (cidade) :
— mares. 67
— acido carbonico. 105
— acido nitrico. 105
— synclino 242
— fosseis. 351, 352

Bahia (Estado) :
— rios. 55
— grutas. 114
— recifes. 191, 192, 217
— rochas archeanas. 290
— região diamantifera. 336
— rochas cretaceas 346
— rochas jurassicas. 337
— turfa 368

Bahia :
— de Fundy. 67, 162
— de Hudson. 99
— do Rio de Janeiro. 164
— de Santos. 164
— de Todos os Santos. 351
Bahias. 164
Bancos de areia. 61, 84
— submarinhos. 84
Barbosa Rodrigues (J). 297
Barcelona. 124
Baroneza. 177
Barras. 61, 83
Barreiras. 40, 193
Barreto, Barros de. . 7, 62, 208, 218
Basalto. 221, 335, 336
Batrachio fossil. 327
Betas. 262
Bibliographia. 6
Bioxido de carbono. 104, 117

Blocos. 50
— de decomposição, 29, 31, 32, 360
— erraticos. 93, 100, 321
— glaciaes. 95, 100
Bocca de Mississippi, 85, 167, 169
Bolsas de rocha fundida. 129
Bombas vulcanicas. 138
Bom Jesus da Lapa. 114, 297
Borax. 121, 125
Batucatú. 143, 335
Boubee. 5
Brachiopodes fosseis, 282 294, 295, 300, 301, 303, 309, 312, 314. 331
Brejo das Freiras. 149
Breccia. 209
Bryozoarios fosseis, 295, 302, 312, 316

C

Cabo :
— Frio. 68, 144, 336
— do Norte. 71
— São Roque, 41, 67, 122, 188, 368
— Santo Agostinho, 143, 159, 219. 360
Cachoeira, de Paulo Affonso. . 57
— de Vira Mundo. 296
Cal. 201
Calcareo 187, 208, 283
— derivado de coral. 199
— derivado de varios animaes 200. 202
— transformado em dolomite. . 272
— archeano. 288
— de S. Francisco. 297
— hydraulico. 301
— carbonifero. 312
— no Amazonas. 313
— permiano 318, 319, 322
— triassico. 336
— cretaceo. 165, 347, 353
Calcedonia. 120, 333
Caldeirões. 50
Caldas (serra de). 144
Calor (producção de). 258

Camadas :
— levantadas. 134
— erodidas. 161
— de argilla. 182
— de carvão. 162, 182
— de lignito. 182
— calcareas. 199
— saliferas. 357
— sedimentarias. 167
— sobrepostas. 134
— cretaceas. 353
— devonianas. 335
— triassicas. 334
Camarões. 175
Cambriano. 286, 294
Campos (Gonzaga de), 159, 254, 323, 342. 346
Canaes subterraneos. . . . 139, 148
— submergidos. 165
Canga. 216
Cañon do Rio Colorado. 57
— do rio S. Francisco. 57
Caracteres lithologicos. 283
Caranguejos. 175, 347
Carbono. 104, 180, 184

Carbonato :
— de cal, 119, 123, 187, 189, 216, 236
— de ferro. 185
— de magnesia. 189
Carbonatos. 106
Carbonifero. 312, 318
Carnivoros fosseis. 276
Carvão, 162, 163, 183, 284, 312, 314
— abaixo do mar. 163
— pardo. 181
— bituminoso. 182

Carvão anthracito 183
— no sul do Brasil. 319, 322
— cretaceo. 311
Cascalho. 208, 270, 271
Cascalhão. 208
Cascatas de rocha. 117
Catinga de Moura. 114
Caucaso. 99
Cavallo fossil. 376
Cavernas, 112, 115, 272, 282, 375, 378
— de S. Diego. 74
Caxoeiras. 57
Cayambe. 137
Ceará (cidade) 105

Ceará (Estado) :

— dunas. 22
— correntes da costa. 41
— rios. 55
— recifes 217
— rochas . . 290, 293, 294, 353, 368
Cenozoico 358
Centopeias fosseis 295
Centro da terra. 130
Cephalopodes fosseis, 294, 301, 331, 337, 343, 347 350
Chapada (villa) 311, 335
Chapadas. 353, 356, 357, 360
Cheiropteros fosseis 376

Chile :

— efflorescencia de sal. 38
— geleiros 100
— nitro 121
— mudanças de nivel. 169
Chumbo 295
Chuva 45
— no Brasil 101
— de lama 21
— em S. Paulo 43
— de cinzas. 138
— trabalho mechanico 45
Cinzas calvunicas, 25, 135, 318, 139, 208, 225 335
Clarke (J. M), 29, 296, 300, 302, 305, 307 312
Clarke (F. W) 27
Clivagem 233
Clima 88, 129
Coal Measures 286, 312
Coke 259

Colombia :

— erosão 49
— geleiros 100
— geysers 147, 148
Columna geologica. 283, 286
Columnas basalticas 141, 227
Complexo brasileiro 289
Comprimento do tempo. 379
Concentração da agua 122
Conchas em lava. 139
Concepcion 99, 169
Concreções 236-238, 353
Conductibilidade das rochas, 132, 151

Cones :

— de alluvião 63
— de lava. 224
— vulcanicos 140, 141
Conformidade 210, 211
Congelação 90
Conglomerados, 208, 215, 272, 283, 313 351
Coniferas fosseis, 313, 319, 322, 324 358
Contracção, 169, 228. 264
Cope, (E. D.) 352, 366
Cor das rochas 283
Cores nos mappas 287
Coraes 162, 164, 187-197, 281
— condições de crescimento, 157 191
— fosseis. 294, 301, 312, 316

Coralinas 176, 187
Corcovado 43, 64
Correlação. 283, 284

Correntes :
- aereas 42
— dos mares. 67, 78
— oceanicas. . . 41, 66, 78, 80, 206
— fluviaes. 184
Correntezas do oceano 66
Corridas de lava 137, 332
Corthell (E. L.) 167
Costa do Brasil. 187, 205
— de Pernambuco. 143
— do Japão. 177
— da Sicilia 141
— do Pacifico 165
Cotinguiba, rio. 23, 62
Cotopaxi. 137
Cracas. 177
Crandall (R.). 174, 290, 296
Creep 243
Crescimento, dos coraes, 157, 380
— dos recifes. 198
Cretaceo 338-358
Crevasses 93
Crinoides fosseis, 202, 264, 281, 295, 312, 319 331
Crocodilos fosseis. . . 341, 351, 357
Croll (James). 102
Crosta de terra. . 129-131, 150, 162
Crustaceos fosseis, 187, 201, 281, 351. 356
Crystalização. . . 170, 258, 264, 265
Cubatão (serra). 43
Cunhahú (recife). 212
Cupim 175
Cursos de agua, 48, 63, 107, 184. 205
Curuá (rio). 296, 302, 314
Cuspides. 82, 212, 213
Cuscuzeiros 334

D

Dama do Lago 177
Dana (J. D.). 188, 196
Darwin (Charles), 169, 173, 188, 196
Daubrée (A.). 220, 230, 231
Decomposição das rochas, 34, 44 171
Deltas 64, 81, 84-87, 206
Deposição chimica. 116
Deposição de sedimentos, 20, 59, 95, 116, 176, 212, 215, 280, 379

Depositos :
— auriferos. 270
— chimicos. 19, 203
— calcareos 149, 179, 187
— carbonaceos 179, 180
— diamantiferos 111
— ferruginosos 179, 185
— lacustres. 378
— maritimos 281
— mechanicos 81
— nitrogenosos. 179, 186
— phosphaticos. 179, 203
— salinos 125
— sedimentarios. 20, 221
— silicosos. . . . 149, 179, 186, 202
— sulphurosos 179, 185
— terrestres. 208, 282
— de alluvião 270
— de cinzas 138
— diatomaceas. 186
— de mineraes 257
- de turfa 181
Derby (O. A.), 110, 144, 145, 185, 296, 302, 311, 313, 337, 353. 357
Depressão, 130, 155, 162, 166, 167. 169
Descordancia 211

Desgastamento das rochas, 20, 26, 51, 89. 95
Desintegração das rochas. . . . 29
Deslocação das rochas, 130, 144, 168, 239, 251, 253. 255
Desmoronamentos 46-48, 181
Desnudação 216
Devoniano 286, 301-312
Diabase, 36, 143, 223, 302, 320, 332, 335. 353
Diamantes, 52, 180, 185, 271, 336
Diatomaceas 186, 202, 215
Diques, 129, 145, 146, 205, 222-225, 259, 269 320
Diques de arenito 233
Distribuição :
— de plantas e animaes, 24, 162, 166
— de vulcões. 141
— de mudanças de nivel. . . . 168
Dobras das camadas, 134, 239, 245-248, 264. 284
Dobramento. 241, 249
Dolomia. 272
Dolomitação. 272
Drenagem subterranea 116
Dunas . . . 21, 27, 81, 138, 177, 217

E

Echinodermes fosseis, 316, 343, 350
Echinoides 294
Efflorescencia. 37-40
Ejectamentos vulcanicos, 135, 137, 138-140. 144
Elephantes fosseis . . 166, 376, 378
Elevações da superficie da terra, 130, 157. 280
— das costas. . . 157, 159, 168, 169
— das lavas. 135
— causas de 169
— differenças. 284
Empuxo das rochas. 134
Enchimento de vieiros 266
Endurecimento das rochas, 216, 218. 258
Entomostracos fosseis. 351
Enxofre 185
Eozoon 290
Epicentro dos terremotos. . . . 151
Epoca glacial. . . 95, 101, 372, 379
Erosão, 48, 57, 88, 161, 179, 284, 379
Erosão chimica. 108
Erupções : vulcanicas. . . . 72, 135
Escala Rossi-Forel. 153
Escorregamento das rochas, 150, 258. 261
Esfoliamento das rochas, 29, 30, 33
Esporos no lignito, 182; no carvão. 184
Esponjas fosseis. . . . 202, 294, 312

Espessura :
— das camadas. 251
— dos sedimentos. 162, 167

Espirito Santo :
— decomposição de rochas. . . 110
— provas de elevação. 159
— rochas archeanas. 289
— rochas terciarias 358
Estratificação falsa 210
Estratos 209, 214, 283
Estrias 94, 96, 256
Estreito de Magalhães . . . 91, 165
Estrondos vulcanicos 135
Estuarios. 164, 205, 370
Estructura geologica 207
— concentrica 238
— fluxional. 221
— isoclinal 248
Evaporação. 36, 120, 122
Exfoliação 29-35
Expansão das rochas, 34, 134, 169
Explosões 135, 138, 139

F

Falhas, 151-154, 162, 168, 170, 251-257. 284
Fauna mammifera 375-376
Feldspatho 45, 109
Felsito. 296
Fendas 135, 152, 154, 263-265
Fendas do solo. 214

Fernando de Noronha :

— calcareo 201
— corrosão. 70
— columnas basalticas 228
— mares 70
— phosphatos 203
— rochas 28, 141, 143
— sulcos 75

Ferro :

— carbonato 185
— ocidos 321
— estructura. 234
— minereos . . . 288, 293, 295, 313
Fetos fosseis 313, 319
Filões 262
Fiordes. 161, 164
Fixação das dunas. 179
Florence (G.) 144, 211, 338
Florestas. 204
Floculação 80, 86
Foco de terremotos. 151

Folhelhos :

— definição. 208
— laminação. 215
Fontes. 271
— emergencia. 257
— aguas. 129, 271
— quentes. 149
— thermaes. 186
Foraminiferos. 200, 316
Forma das costas. 76
Formigas. 173-175
Fosseis, definição 214
— valores relativos. . . . 282, 285
Fracturas. 230, 269
França 71, 97, 204, 358
Frequencia das erupções 148
Fulgaritos. 239
Fumaça vulcanica 138
Funafuti 191, 197
Fundo do mar 161
Furnas do Agassiz. 33
Fusão das rochas 134

G

Gabbro. 143
Gaz natural. 301
Gazes 139
— quentes 128
— vulcanicos 135-139
Geleiros. 90
Gelo 89
Geologia estructural. 207
— historica. 279
Geodes. 238, 333
Gervais (Paul) 357, 373
Gesso 295
Geysers 147-149
Giz 201, 208, 259, 338
Glaciação, no Brasil. 100
— antiga 95
— na America do Sul 99
Globo rigido, theoria . . . 129, 130
Glyptodonte. 373
Gneiss . . 31, 34, 110, 221, 292, 293
Gonzaga de Campos (L. F.), 159, 255, 311, 342 346
Gorceix (H.) 372

Goyaz :
— rochas archeanas. . . . 290, 293
— rochas cambrianas. 294
— rochas devonianas 311
— rochas triassicas 334
— rochas cretaceas 357
Granito 31-34, 289-293
Graphite, 46, 180, 184, 259, 288, 293
Greda. 201, 218, 338
Grutas. 112
Guama (rio). 71
Guano 203, 205
Guimarães (G. A. J.) 208

H

Harris (G. D.) 125
Hartt (C. F.). . . 342, 351, 353, 379
Herculano 138, 206
Homem, primitivo 377
— como agente geologico. . . . 204
Hrdlicka. 377, 378
Hydro-carbonos. 180
Hydrozoarios 294

I

Icebergs. 90, 102
Idade da terra. 379
Iguape 84
Ilha Rapta. 28
Ilha Raza 76

Ilhas :
— formadas pelo mar 86
— formadas por serpulas 260
— vulcanicas 141, 143
— dos Açores. 1 3
— Aleucianas. 141
— dos Abrolhos. . 67, 143, 188, 341

Ilhas :
— Falklandas. 322
— Hawaiianas 135
— Philippinas 143
Ilheos 353, 358
Impressões da chuva. 213
— das plantas. 180
Inclinação das rochas 243
Inclusões. 138
Inconformabilidade 211
Infiltrações. 266-267
Influencia do homem. 204
Insectos fosseis 295, 313, 358
Instrumentos, de pedra. . . 375, 378
— de osso 378-379
Interior da terra 128-131
Invasão do mar 162-168
Ipanema 144, 336
Isoclino 248
Isostasia. 169
Itacolomite 44, 185
Itatiaia. 51, 144, 336

J

Jones (T.), Rupert 352
Jordan (D. S.). 362
Juntas 126, 229
Jurassico. 337-338

K

Kaolin 109
Krone (R.). 113
Kyle 107

L

Laccolitos. 147, 222, 224
Lagarto fossil 327, 330

Lago :
— Brienz 65
— Genebra 75, 212
— Haarlem 378

Lagôa :
Lagôas. 83, 84

Lagos :
— alcalinos 125
— amargos 125
— crescentricos 60
— sedimentos. 63
— das praias 83
— de Alagôas. 164
— de borax 125
— salgados 121
— formados por lavas 137
— Jiquiá. 164
— Mangueira. 83
— Mirim. 83
— Manguaba 164
— do Norte 164
— dos Patos. 63, 83
— Poxim 164
— Santa 113, 378
— de Sinimbú. 84
Lamella de rocha. 209
Laminação das rochas . . . 209, 215
Lapa, Nova de Maquiné 117
— Vermelha 113
Lapidas. 249-250
Lapilli 138
Larangeiras 343
Lava 129, 137, 140, 222, 224
Lemos (Pedro S.) 149, 277
Lençóes de lava. 129, 135, 137, 143, 222-224
Lepidotus. 351, 354
Leques de alluvião 63
Leucite. 336
Lignito 180-182, 208, 368, 372
Linhas de actividade vulcanica. . 151
— de fraqueza 151
— de terremotos. 151
Lirios do mar. 202
Lisboa (M. A. R.), 6, 7, 36, 72, 144, 222, 233, 238, 282, 329. . . 347
Lithodomus 159
Loess 28, 208
Löfgren (A.). 379
Lombadas anticlinaes 248
— isoclinaes. 248
— monoclinaes. 248
Lorimer (A. J.) 103
Lund (P. W.) 117, 378
Lycopodiaceas fosseis. . . . 313, 322

M

Macacos fosseis. 376
Madeira silicificada 186
Maecurú (rio) 296, 302. 314
Mammiferos fosseis. . 331, 358, 373
Mangues 177, 205
Marahú 358, 359, 368

Maranhão :
— dunas. 23
— correntes. 42
— pororoca 71
— rochas archeanas. 290
— rochas permianas. 329
— rochas cretaceas 357
— rochas terciarias 368
Mares 67
Marmore, 172, 258, 261, 288, 293, 295
Massape 36
Mastodonte 373, 375 376
Mastodon humboldtii 373 375
Matações. 30-33

Matto Grosso :
— rochas archeanas. 290
— rochas cambrianas 294
— rochas devonianas. . . . 307, 311
— rochas permianas. 328-329
— rochas triassicas 331-334
Maury (C. J.) 362
Magatherium 375
Merrill (G. P.) 109
Mesozoico 331
Metamorphismo. 258-262
Mexilhões 169, 176
Mica 46
Mineralização. 257
Minereos. 262-270
Minhocas 173

Minas Geraes :
— decomposição das rochas . . 126
— cavernas 113
— temperatura subterranea, 126, 132 133
— terremotos 155-156
— endurecimento das rochas. . 216
— ouro. 270, 293
— rochas archeanas 290-293
— rochas cambrianas 294
— rochas triassicas. 335-336
— rochas terciarias 372
— rochas quaternarias 375
Modificação das rochas 207
Molluscos fosseis. 187, 201, 202, 281 322
Montes de conchas. 379

Montanhas :
— altura das 65
— vulcanicas 139-145
Monoclino 243, 248
Morenas 93, 97, 99
Morize. 73-74
Morros, anticlinaes 248
— synclinaes 248
— de chapeu 334
Movimentos da crosta da terra . 130
— de geleiros. 91-92
— de revolução. 129

Mudanças :
— de côr 258
— de nivel. 155, 168, 169
— de temperatura 131
— no interior da terra. 170
Museu Rocha 374
Musgo 181

N

Nepheline. 336
Nivel, mudanças 168-169

O

Obliteração de fosseis 258
Oceanos, profundidade 65
— trabalho mechanico. 65-75
Oleo mineral 353, 362, 371
Oliveira (E. de) 238
Oliveira (F. de P.), 227, 238, 261, 293 333
Olivine. 143
Ondas dos mares 68
Oolitos. 238
Ooze 200
Ordoviciano 286, 294
Organismos marinhos 157-160
Orientação das camadas . . 243, 245
Ortmann (A. E.) 166
Ossos fosseis. 281, 378
Ouriços. 159, 175, 176

P

Pacheco (J. R.) 214, 342
Pachydermes fosseis. 372
Paes, Leme (A.). 289
Palmeiras fosseis. 241, 358
Pampeana, formação. 373
Pantanos. 180
Pão de Assucar, de Rio de Janeiro. 43
— do rio S. Francisco. 58
— do rio Paraguay. 145, 336
Paqueta (ilha). 31, 100

Pará :
— rochas archeanas no 290
— fosseis silurianos 298, 300
— rochas devonianas 309
— rochas carboniferas. . . . 316-318
— rochas cretaceas. 357
— rochas terciarias 368

Parahyba do Norte :
— valle submergido 165
— rochas archeanas 390-392
— rochas cretaceas. 341-347
— rochas terciarias. . 360, 367, 371

Paraná :
— lençóes de lava 144, 223
— pederneiras 202
— agathas. 238
— rochas archeanas 290, 293
— rochas cambrianas 294
— rochas devonianas 308-312
— rochas permianas 319-328
— rochas triassicas 331
Paulo Affonso (cachoeira), 50, 57, 233
Pederneiras, 186, 202, 215, 321, 333
Pedra-pomes 137
Pedra-sabão. 46
Pedras de agua 333
— lascadas 378
Pedras Pretas. 143
Pegadas nas rochas 377
Peixes 167
— fosseis, 281, 286, 295, 322, 337, 341 347
Pendor. 243
Pendões de nuvens. 43
Permiano 318-330

Pernambuco :
— fosseis quaternarios 373
— mangues 178
— salitre 38
— rochas eruptivas, 143, 146, 158, 161
— terremoto. 156
— recife. 175-176, 217, 220
— rochas archeanas 290, 293
— rochas cambrianas 294
— rochas cretaceas 347
— rochas terciarias. 360-367
Persistencia dos estratos 214
Petroleo. 353, 362, 371
Phenomenos vulcanicos 135
Pholas 160, 174
Phonolito 143, 336
Phosphatos. 203, 288, 301

Piauhy :
— rochas archeanas. 290
— rochas permianas. 329
— rochas cretaceas. 357
Piçarra. 208

Picos :
— submarinhos. 141
— vulcanicos 139
Picu (serra) 144
Pisolitos 238
Placers 270
Planalto central. 353

Plantas :
— como agentes geologicos, 171-173, 177-179
— distribuidas pelo vento. . . . 25
— constructivas 179
— distribuição 166
— fluctuantes. 177
— influenciadas pelo homem. . 204
Pleistoceno 372-379
Poços. 271-274
— artesianos 275
— em recifes de coral. 164
Poços de Caldas. . . . 126, 149, 277
Poeira vulcanica 25, 138, 140
Polypos coraliferos. . 157, 188, 191
Pompea 138, 206
Ponta da Areia 23
Ponta Grossa 312
Ponto de fusão 134
Pontaes 82
Pororóca. 71
Porosidade. 271-272
Portão 77
Porto Alegre. 144, 334
Portos 164
Praias 81
Preas. 174
Preguiça fossil 373
Pressão 134
— augmento 106
Profundidade dos oceanos. . . . 65
Protozoarios. 282
Psaronius. 324, 329
Psychozoico. 372
Pteropodes. 295, 305, 312
Pudim 208

Q

Quaternario 372-379
Quartzito 208, 258, 296

R

Radiados 187, 188, 201, 202
Ramiz Calvão. 5
Rastos de animaes 214
Rathbun (R.) 351
Reade (T. Mellard). 107
Reacções chimicas 119

Recifes :
— de arenito 217, 220
— de coral. 188, 199
— de barreira. 193
— circulares 195
— theorias das 196
— crescimento 198
— em franja. 193
Reconcavo da Bahia. 242
Redomoinhos 50
Regelação 92
Regiões aridas . . . 20, 37, 110, 115
— vulcanicas 222, 320, 332
Registros humanos. 161, 167
— de um seismographo. 152
Reinhardt 375
Reliquias humanas. 378
Remoção da terra 88
Reptis fosseis . . . 281, 319, 322, 337
Represas. 92
Resaca. 78, 80

Resfriamento :
— da crosta da terra. 288
— diario. 131
— das lavas. 141
— das rochas 141, 169
Restingas 83
Rhinocerontes fosseis 376

Rio Grande do Norte :
— dunas. 22, 23, 27

Rio Grande do Norte :

— recifes. 77, 177, 212, 213
— sal. 122
— rochas cretaceas 367
— rochas terciarias 367-368

Rio Grande do Sul :

— porto 63
— restingas 83
— alteração das rochas 126
— rochas eruptivas. 144, 283
— pederneiras 202
— ogathas. 238
— rochas archeanas 290
— rochas devonianas 311
— rochas permianas. . . . 322, 323
— rochas triassicas. 331, 334
— rochas jurassicas 337

Rio de Janeiro :

— restingas. 83
— rochas 110
— turfa 181
— rochas eruptivas 336
— rochas archeanas 289-290
Rios tapados. 81-82
Ripple-marks 212
Riscos na mineração. 269
Rocas (ilha das). 67, 188, 198

Rochas :

— acidas. 221
— archeanas 287
— basicas. 221
— carboniferas. 312
— calcareas 200-201
— chimicas 116-127
— coraliferas 188
— cretaceas. 338
— crystallinas. 258-262
— devonianas. 301

Rochas :

— eolias. 27, 217
— eruptivas. 220
— estratificadas. 207-215
— igneas. 221
— jurassicas 337
— massiças 220
— metamorphicas 337
— organicas. 179-203
— origem 203
— sedimentarias 207
— terciarias. 358
— triassicas. 331
— vulcanicas 141, 221
Rossi-Forel, escala. 153
Ruminantes fosseis. 376

S

Sal : formação. 121
— depositos. 37, 295, 357
— efflorescencia 37
— nas rochas 37-38
— origem 123
Salitre 37-38, 186
Salmourão. 36
Sambaquis. 378
Santa Cruz 78, 217

Santa Catharina :

— lagos 83
— rochas eruptivas 144
— agathas. 238
— rochas archeanas 289
— rochas devonianas 301
— rochas permianas. 318
— rochas triassicas 331
Santo Agostinho (cabo de), 143, 159. 219
Santo Aleixo 143
Schistosidade 235, 258

Schistos crystallinos. 261
Schizodus 328
Secções 240

Sedimentos :
— mechanicos 87, 88, 207
— marinhos. 87
— espessura. 167
— deposição 59-88
— classificação. 208
Segregações de mineraes. . . . 269
Seismographo. 152
Seixos. 50, 51, 52, 69, 78, 79
Sena (N. de) 113

Sergipe :
— solo. 36
— calcareo 201
— pederneira. 202
— rochas archeanas. 290
— rochas cambrianas 294
— rochas carboniferas 314
— rochas permianas. 328
— rochas cretaceas. 343-350
Serpentina 46, 261
Serpulas 176, 200
Siluriano 294, 295-301
Sinter 186
Slickensides 154, 256
Small (H. L.) 354 356
Smith-Woodward (A.), 331, 346
351 372
Solo : formação. 35
— massapé 36
— glacial 36
— residuario 35, 109
— salmourão 36
— terra roxa 36, 109, 321
Soluções. 107
Soper (R. H.) 367, 368
Souza (Ennes de). 346
Spiculos de esponjas 202
Sphagnum. 180
Stalactites. 117
Stalagmites 117
Stevenson (J. J.) 183
Subsidencia de recifes. 196
Sulcos glaciaes 94
— das vagas 76, 159-160
Sulphato de magnesia 123
Sumidouros 116
Superficies erodidas 161
Syenito. 336
Synclino 242, 247

T

Tabella das formações 286
Taboleiros. 222
Tatu fossil. 373

Temperatura :
— augmento. 106, 131
— diminuição. 106
— mudanças 29
— dos oceanos 66
— das fontes quentes 149-150
Tempestades de areia. . . . 20, 21
Tempo geologico 379
Terciario. 358
Terra do Fogo 99, 141, 165
Terra roxa. 36, 109, 321
Terra Santa 123, 126
Terras cahidas 49
Terremotos 150-156
Tidal waves. 72
Topographia. 88
Trabalhos humanos. 205-206
Trachyte 143, 158
Transporte por cursos 55
— por gelo. 93-95
— pelo vento 20
Travertino. 117
Tremores de terra. 150-156

Triassico. 331
Trindade (ilha da) 141
Trombetas (rio). . 295, 296, 302, 314
Tubarões fosseis 295, 352
Tufos. 208, 225
Turfa 180-182, 208, 368-370

U

Ubajarra. 114
Urnas funerarias 379

V

Vagas 40
— poder das. 68-69
— catastrophicas 72-73
— trabalho constructivo. 78
Valles anticlinaes 247
— synclinaes 247
— submergidos. 164
— suspensos 58
Vapor 128
Varzeas 35, 60

Vento :

— depositos pelo. 26
— desgastamento. 26
— effeito na agua 40
— sobre correntes 41
Vertebrados fosseis. . 187, 201, 295
Vermes 171, 173, 294
Vieiros. 262-267
— enchimento 268
Vira-mundo. 296
Von Jhering. 332
Vulcões activos. 135
— submarinhos. 141
— brasileiros 141-143
— extinctos 143
— idade dos. 147
— ejectamentos dos 138

W

Wallace (Alfred) 102, 166
Waring (G. A.), 76, 150, 273, 275, 289 292
White (C. A.). . . 343, 348, 350, 352
White (David) 182, 322, 328
White (I. C.), 147, 260, 324, 337. 343
Williams (H. E.), 143, 158, 161 243
Willis (Baily) 287
Woodward (A. S.), 331, 332, 346, 351, 352 372
Woodworth (J. B.) 101, 321

Z

Zebra fossil 376
Zeiller (R.) 322

TYP. AILLAUD, ALVES & C^ia.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00572 6054

Á VENDA NA LIVRARIA FRANCISCO ALVES

ALGEBRA

Algebra Gymnasial, por Arthur Thiré, lente de Matematica no Colejio Pedro II. 1 vol. in-8, com 301 pags., cart. . . . . 4$000

Elementos de Algebra, por João Borges e Gomes, Cardim, professores da Escola Complementar anexa á Escola Normal da Capital de S. Paulo, adotada no Ginazio Diocezano, na Escola Normal e colejios particulares, 2.ª edição correta e aumentada. 1 vol. in-8 fr. de 230 pags., cart. . . . . 5$000

Algebra, por C. B. Ottoni, 12.ª edição aumentada com muitas notas intercaladas no texto, por G. S. M. 1 vol. de 376 pags. . . . . 4$000

Theoria dos Determinantes (Primeiros principios da), para uzo dos Liceus, por J. A. Albuquerque, enjenheiro civil, lente de Mecanica racional da Academia Politécnica do Porto e outr'ora professor de Matematica elementar no Liceu central da mesma cidade. 1 vol. in-8. . . . . 3$000

GEOMETRIA

Elementos de Geometria, por F. Cabrita, professor da Escola Politécnica e Escola Normal desta capital. 2.ª edição melhorada; obra adotada na Escola Normal da Capital Federal. 1 vol. enc. . 4$000

Elementos de Geometria e Trigonometria Rectilinea, compilados pelo Exm. Snr. Conselheiro C. B. Ottoni. 11.ª edição correta e aumentada com numerozas notas e figuras intercaladas no texto, impresso em tipo menor. 1 vol. in-8, enc. . . . . 5$000

Curso de Geometria, por Timotheo Pereira, obra adotada no Ginazio Nacional. 5.ª edição. 1 vol. in-8, enc. . . . . 10$000

TRIGONOMETRIA

Memento de Trigonometria Elementar, compendiado por Arthur Thiré. 2.ª edição. 1 vol. cart. . . . . 3$000

Curso de Trigonometria Rectilinea e Espherica, por Timotheo Pereira, *obra adotada no Colejio Militar e no Ginazio Nacional*. 1 vol. enc. 4$000

TYP. AILLAUD, ALVES & Cº.